This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

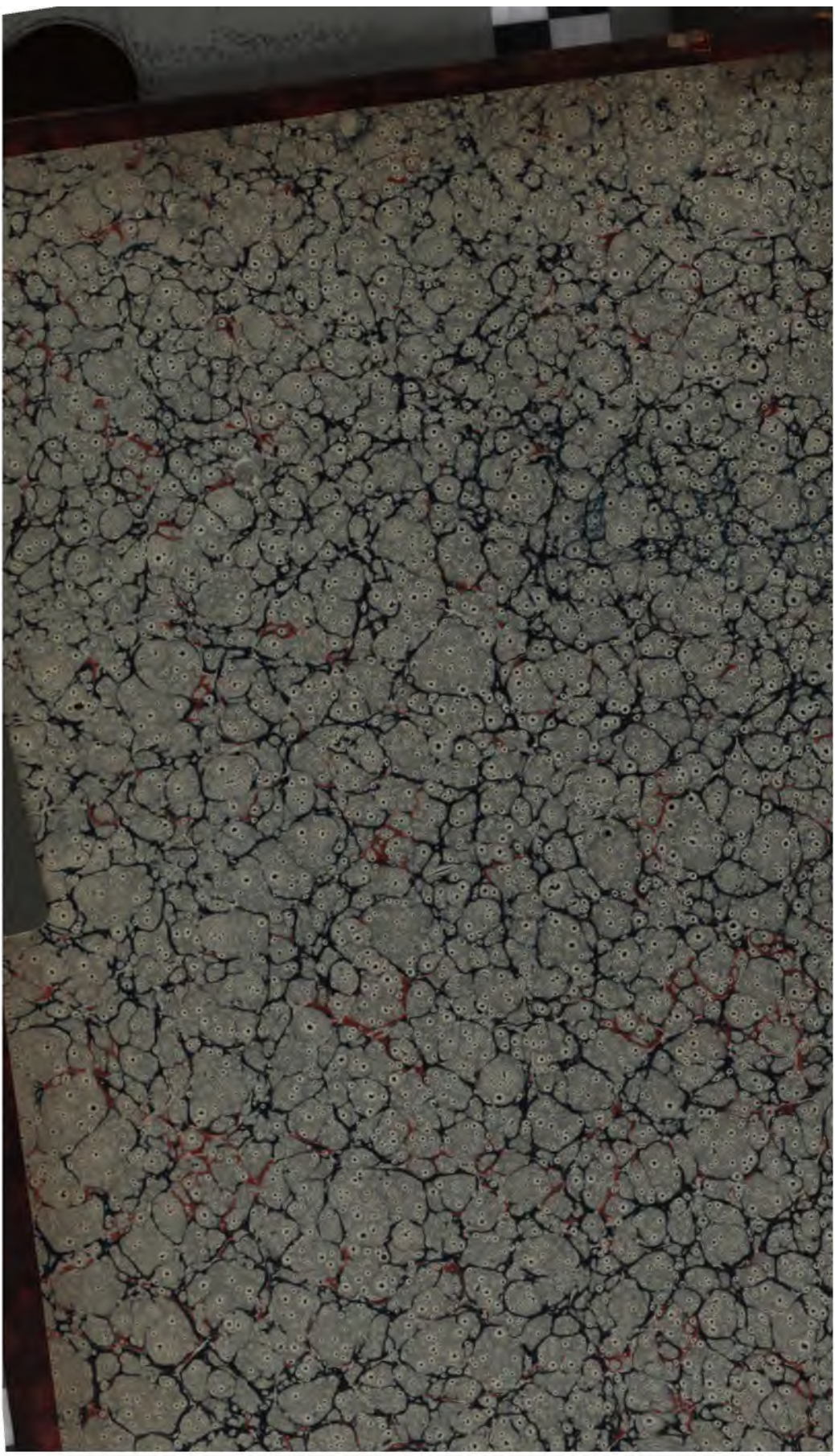
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

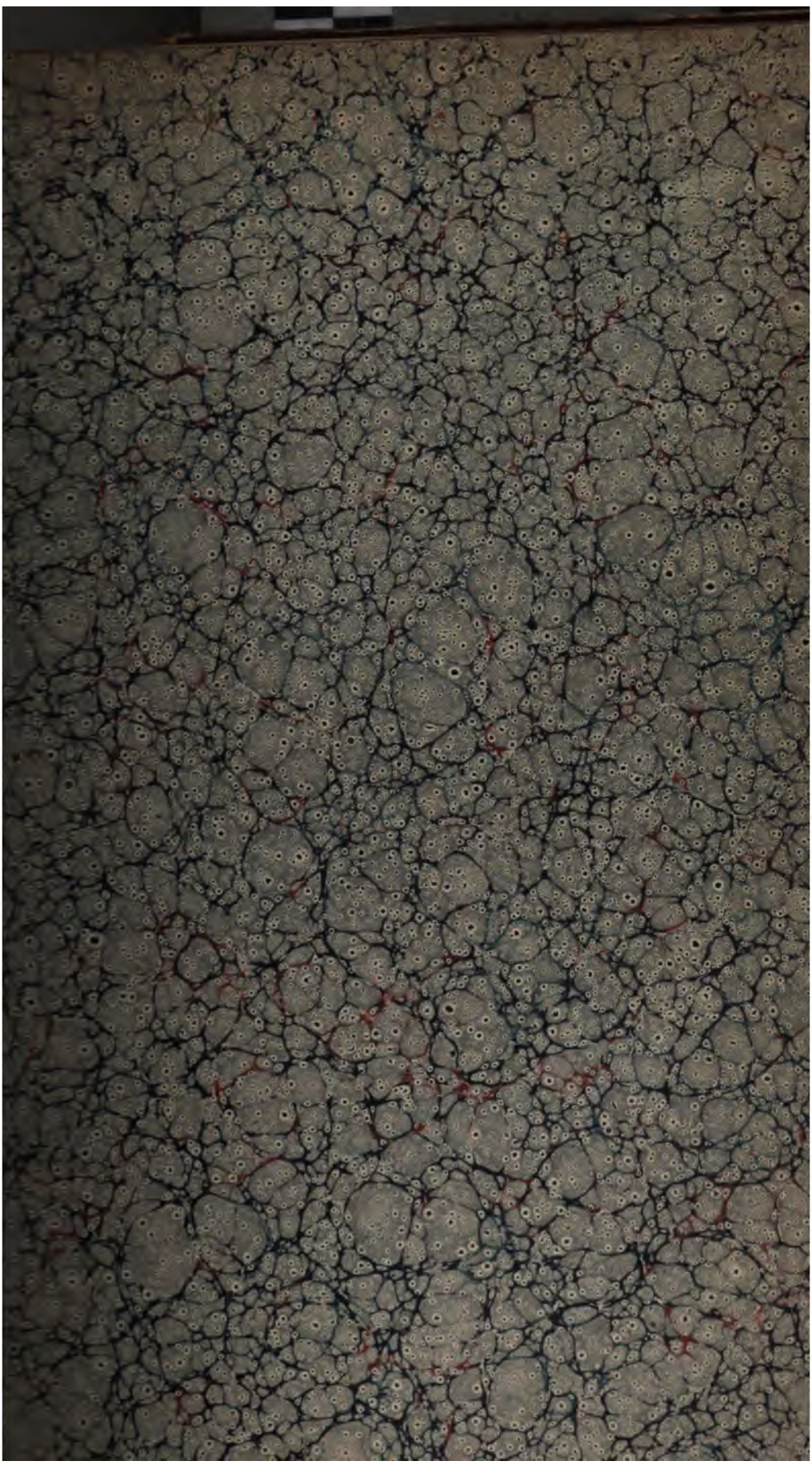
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

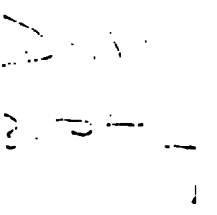
+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`







MATÉRIAUX

POUR

L'ÉTUDE DES GLACIERS.

MATÉRIAUX

POUR

ÉTUDE DES GLACIERS

PAR

DOLLFUS-AUSSET.

TOME CINQUIÈME — PREMIÈRE PARTIE.

GLACIERS EN ACTIVITÉ DANS LES ALPES.

En 1815, **J. P. Perraudin** dit à **M. de Charpentier** : « Les glaciers de nos montagnes ont eu jadis une bien plus grande extension qu'aujourd'hui. Toute notre vallée, jusqu'à une grande hauteur au-dessus de la Dranse (torrent de la vallée), a été occupée par un vaste glacier qui se prolongeait jusqu'à Martigny, comme le prouvent les blocs de roches qu'on trouve dans les environs de cette ville et qui sont trop gros pour que l'eau ait pu les y amener. » — Ce simple montagnard, en homme de bon sens, a établi la théorie du transport des materiaux erratiques par les anciens glaciers. **M. de Saussure** signale les mêmes faits et conclut néanmoins : « que le terrain erratique et les gros blocs sur le Jura ont été transportés par des courants d'eau monstres. » *(Page 43.)*

STRASBOURG

TYPOGRAPHIE DE E. SIMON, RUE DU DOME, 14

1864.

MATÉRIAUX

POUR

L'ÉTUDE DES GLACIERS.

GLACIERS EN ACTIVITÉ DANS LES ALPES.[1]

I. Des glaciers en général.

S. 518. J'ai cru donner, comme les habitants des Alpes, le nom de *glacier* à ces amas de glaces éternelles[2] qui se forment et se conservent en plein air dans les vallées et sur les pentes des hautes montagnes.

Distinction entre glacier et glacière.

Le nom de *glacière* servira, comme il a toujours fait, à désigner ces cavités souterraines, naturelles ou artificielles, qui conservent la glace en la tenant à l'abri des rayons du soleil.

Auteurs qui ont écrit sur les glaciers.

S. 519. Plusieurs naturalistes ou géographes suisses, **Merian, Simler, Hottinguer, Scheuchzer,** et autres, ont écrit sur les glaciers des Alpes.

Personne n'a traité ce sujet avec plus d'étendue et de profondeur que **M. G. S. Gruner,** dans son ouvrage intitulé : *Beschreibung der Eisgebirge des Schweizerlandes*, imprimé à Berne en 1760 en trois volumes in 8°. Ce même ouvrage a été traduit et abrégé par **M. de Kéraglio,** qui l'a réduit en un volume in 4°, imprimé à Paris en 1770 sous le titre : *Histoire naturelle des glaciers de la Suisse*[3]. Les deux premiers

Ouvrages de **Gruner.**

DA. [1] Voyages dans les Alpes, par **Horace-Bénédict de Saussure.** Les paragraphes S portent les mêmes chiffres que ceux de l'auteur. Voyez comme complément *Phénomènes erratiques*, paragraphes S, T. III. — Les observations, théories et hypothèses imprimées en petits caractères ne sont pas confirmées par nos observations de 1844 à 1862.

DA. [2] Persistantes.

DA. [3] **M. de Kéraglio** n'avait certes jamais vu de glaciers, et son abrégé en français des travaux de **Gruner** est au-dessous de toute critique : il est absurde.

volumes de l'ouvrage original, contiennent les descriptions détaillées et les dessins des glaciers les plus remarquables de la Suisse et du Faucigny. Les descriptions, qui sont le fruit des observations de l'auteur, sont très-exactes et très-satisfaisantes, mais comme il était impossible qu'il visitât lui-même un si grand nombre de montagnes, il a été contraint à s'aider de secours étrangers. — La description qu'il donne des glaciers du Faucigny a été tirée de deux lettres insérées dans les *Mercures Helvétiques*, des mois de mai et de juin de l'année 1743. Quant à la planche qui devrait représenter ces mêmes glaciers, je ne sais qui l'a communiquée à **M. Gruner**; mais il est certain qu'elle n'a aucune ressemblance avec eux.

Le troisième volume de l'ouvrage de **M. Gruner** est un traité sur l'origine, la nature et les différences des glaciers. Dans ce traité, l'auteur a épuisé son sujet, autant du moins qu'un sujet de physique est susceptible de l'être; et bien qu'un physicien ne fût peut-être pas de son avis en tout, il serait cependant difficile de donner en général de meilleures explications des différents phénomènes que présentent ces amas de glace.[1]

Recherches plus nouvelles.

S. 520. L'original allemand de cet ouvrage parut précisément la même année dans laquelle je fis mon premier voyage aux glaciers de Chamounix; je n'en eus aucune connaissance; je n'entendais même point alors la langue dans laquelle il est écrit : et la traduction française ne parut que dix ans après.

1760 à 1764.

Ignorant donc que ce sujet eût été si fort approfondi, je l'étudiai avec soin en 1760 et 1761 : je fis même en 1764 un troisième voyage aux glaciers, au milieu de mars, saison qui est encore l'hiver dans ces hautes montagnes, pour observer leur état dans cette saison et pour en tirer des lumières nouvelles sur les causes de la formation et de la durée de ces amas de glace.

Trois mois après mon retour, je lus dans l'assemblée publique des promotions de notre Académie un discours qui contenait une description succincte des glaciers et la théorie générale de leur formation. Comme les observations que j'ai faites depuis lors sur un grand nombre de différents glaciers ont confirmé les idées que je m'en étais formé et que j'avais énoncées dans ce discours; comme d'ailleurs mes lecteurs ne connaissent peut-être pas tous l'ouvrage de **M. Gruner**, je vais donner ici les résultats généraux de mes observations.

DA. [1] Voyez 1er volume de nos Matériaux Auteurs. **Gruner.**

S. 521. Si un observateur pouvait être transporté à une assez grande hauteur au-dessus des Alpes, pour embrasser d'un coup-d'œil celles de la Suisse, de la Savoie et du Dauphiné, il verrait cette chaîne de montagne sillonnée par de nombreuses vallées et composée de plusieurs chaînes parallèles, la plus haute au milieu, et les autres décroissant graduellement, à mesure qu'elles s'en éloignent. Vue générale des Alpes.

La chaîne la plus élevée, que je nomme la *chaîne centrale*, lui paraîtrait hérissée de rochers escarpés, couverts, même en été, de neiges et de glaces, partout où leurs flancs ne sont pas taillés absolument à pic. Mais, des deux côtés de cette chaîne, il verrait de profondes vallées tapissées d'une belle verdure, peuplées de nombreux villages et arrosées par des rivières. En détaillant un peu plus ces objets, il remarquerait que la chaîne centrale est composée de pics élevés et de chaînes partielles, couvertes de neiges sur leurs sommités; mais que toutes les pentes de ces pics et de ces chaînes, celles du moins qui ne sont pas excessivement rapides, sont chargées de glaces, et que leurs intervalles forment de hautes vallées remplies d'amas immenses de glaces, qui vont se verser dans les vallées profondes et habitées qui bordent la grande chaîne.

Les chaînes les plus voisines de celle du centre présenteraient à l'observateur, mais plus en petit, les mêmes phénomènes. Plus loin, il n'apercevrait plus de glaces; il ne découvrirait même des neiges que ça et là, sur quelques sommités élevées; et enfin, il verrait les montagnes, en s'abaissant toujours, perdre leur aspect sauvage, revêtir des formes plus douces et plus *arrondies*, se couvrir de verdure, venir mourir au bord des plaines et se confondre avec elles.

S. 521 *bis*. D'après cet aperçu général, je reconnais *deux genres de glaciers* bien distincts et auxquels on peut rapporter toutes leurs variétés, quelque nombreuses qu'elles puissent être. Division des glaciers.

Les uns sont renfermés dans des vallées plus ou moins profondes, qui, bien que très-élevées, sont cependant dominées de tous côtés par des montagnes encore plus hautes.

Les autres ne sont point renfermés dans des vallées, mais sont étendus sur les pentes des hautes sommités.

S. 522. Les glaciers de la première classe, ceux qui sont renfermés dans le fond des hautes vallées, sont les plus considérables, tant pour l'étendue que pour la profondeur. On en voit dans les Alpes dont la longueur est de plusieurs lieues : celui des Bois, dans la vallée de Chamounix, a près de cinq lieues, sans aucune interruption, sur une Glaciers de la première classe.

largeur variable, mais qui, vers le haut, est de plus d'une lieue[1]. La surface du glacier, vue du Montanvert, ressemble à celle d'une mer qui aurait été subitement gelée, non pas dans le moment de la tempête, mais à l'instant où le vent s'est calmé et où les vagues, quoique très-hautes, sont émoussées et arrondies (S. 611).

Ils occupent ordinairement des vallées transversales.

On dit même communément que la plupart des glaciers communiquent entr'eux et remplissent de hautes vallées parallèles aux grandes vallées longitudinales des Alpes. Mais, à l'exception du grand glacier de la vallée de Bagnes, que **M. Bourrit** visita pour la première fois l'année dernière (1778), et que je n'ai point vu encore, il n'en existe point, du moins que je connaisse, qui ait une longueur de plusieurs lieues dans cette direction. Ils sont presque tous renfermés dans des vallées transversales qui se versent dans les basses vallées longitudinales et qui se terminent vers le haut par de grands culs-de-sac entourés de rochers inaccessibles. On en voit cependant qui ne se terminent pas ainsi : celui de Griès, par exemple, que j'ai vu en 1777, traverse de part en part la haute chaîne des Alpes, et sa partie la plus élevée, qui est une petite plaine de glace, sert de limite entre le Valais et le Piémont.

Épaisseur de la glace.

S. 523. L'épaisseur ou la profondeur de ces amas de glaces est différente en différents lieux. Dans le glacier des Bois, à Chamounix, je l'ai trouvée communément de 80 à 100 pieds (26 à 32^{m}); mais on comprend que partout où il se rencontre des creux ou des enfoncements, cette profondeur doit être beaucoup plus grande : on dit avoir trouvé des épaisseurs de glace de plus de 100 toises (200^{m}), et quoique je ne l'aie pas vu, je n'ai cependant point de peine à le croire.

Crevasses des glaciers.

S. 524. Ces grandes vallées de glace ont communément leur fond plus ou moins incliné; partout où sa pente est rapide, les glaces, entraînées par leur poids et inégalement soutenues par le fond raboteux qui les porte, se divisent en grandes tranches transversales, séparées par de profondes crevasses.

Formes accidentelles des glaçons.

Ces glaçons ainsi divisés, quelquefois même soulevés par la pression de ceux qui les suivent, présentent de grands et beaux accidents, des formes bizarres de pyramides, de tours, de grandes crêtes percées, etc.

Les curieux qui n'ont vu ces singuliers entassements qu'au pied du glacier des Buissons, croient que ce phénomène est propre à la partie inférieure des glaciers; mais ceux qui ont remonté un grand nombre

DA. [1] Le glacier des Alpes qui a la plus grande étendue est le *glacier d'Aletsch*.

de vallées de glace jusqu'à leurs plus hauts termes, savent que ce phénomène se répète, même au haut de ces vallées, partout où l'inclinaison du sol[1] surpasse 30 ou 40 degrés. Ces glaciers hérissés sont même souvent un obstacle au naturaliste et lui barrent le passage, parce que dans ces endroits ils sont absolument inaccessibles; on ne peut point les traverser, ni, à plus forte raison, gravir contre leur pente.

Plaines de glace.

Mais partout où le fond est horizontal, ou du moins incliné en pente douce, la surface de la glace est aussi à peu près uniforme; les crevasses y sont rares et pour l'ordinaire assez étroites. Ces parties des glaciers offrent au voyageur une marche sûre et facile; on y passe à cheval, on y roulerait même en carrosse s'il y avait des routes pour conduire des voitures[2] à cette élévation.

Leur surface n'est pas glissante.

S. 525. La surface de la glace n'est nulle part glissante comme celle des fossés et des lacs gelés: on ne saurait y faire usage de patins; elle est rude et grenue, et l'on ne risque de glisser que dans les endroits où cette surface a une pente très-rapide.

Leur substance est poreuse.

La substance même est très-poreuse; on n'en voit nulle part de grands morceaux transparents et exempts de bulles; on n'y voit pas non plus de grosses bulles, comme dans la glace ordinaire; on a peine à en trouver dont la grandeur surpasse celle d'un pois; souvent ces bulles sont alongées, leurs formes sont tortueuses et bizarres, *semblables à celles que prend du plomb fondu en se figeant au milieu de l'eau*. Les parties de cette glace n'ont pas entr'elles beaucoup de cohérence: obligé bien des fois à tailler des escaliers dans des murs solides qui en étaient composés, je ne l'ai point trouvée aussi dure que la glace commune; et il est bien naturel que cette multitude de pores la rende moins compacte[3]. Elle n'est pas non plus, comme on l'a prétendu, plus difficile à fondre que la glace ordinaire.

Cette glace est le produit de la congélation d'une neige imbibée d'eau.

S. 526. Toutes ces propriétés de la glace qui remplit les hautes vallées des Alpes prouvent qu'elle n'a été formée ni par la congélation des grands réservoirs d'eau, ni par une application successive de lames

DA. [1] Sol inégal, très-accidenté.

DA. [2] Les chevaux passent le col de Saint-Théodule, le glacier de Gries et autres. **Hugi** dit qu'il se rendait à cheval, sans mettre pied à terre, à sa cabane sur le glacier inférieur de l'Aar.

DA. [3] La surface du glacier découverte, exposée aux rayons solaires, se désagrège à une profondeur de plusieurs centimètres; et dans cette épaisseur la glace n'a aucune cohérence; mais lorsqu'on enlève la neige ou la moraine qui les couvrent, on voit une glace très-compacte qui, exposée aux rayons solaires, se désagrège promptement.

d'eau qui se gèlent, comme dans les stalactites de glace. Toutes les glaces formées de l'une ou de l'autre de ces deux manières sont transparentes, compactes, et si elles ont quelques espaces troublés par des pores, toute leur substance n'en est pas uniformément remplie. Il n'y a que la glace formée par la congélation d'une neige imbibée d'eau qui ressemble parfaitement à la nôtre; l'eau ne pouvant pas chasser tout l'air qui est logé dans les interstices des particules de la neige, cet air, joint à celui qui se développe dans le moment même de la congélation, forme les bulles nombreuses dont cette glace est remplie. Il est aisé de se convaincre de la réalité de cette observation, en faisant geler à dessein de la neige mouillée. On verra avec surprise le nombre et les formes tortueuses des petites bulles qui troubleront sa transparence; et si l'on voit ensuite celle de nos glaciers, on sera frappé de sa ressemblance avec cette glace factice. J'insiste sur cette observation, parce qu'elle me donna, en 1764, la solution du problème de la formation des glaces.

Origine des glaciers.

S. 527. Il est évident qu'il doit s'accumuler une immense quantité de neige dans le fond des hautes vallées des Alpes; non-seulement parce que, pendant neuf mois de l'année, toute l'eau qui, dans les régions inférieures, tombe sous la forme de pluie, ne tombe dans ces hautes vallées que sous la forme de neige, mais encore parce que les pentes rapides des montagnes qui les entourent versent dans leur sein toutes celles qu'elles reçoivent : car les rochers nus et escarpés ne pouvant pas retenir les neiges qui s'entassent sous leurs flancs, elles glissent et forment ces avalanches terribles dont nous parlerons ailleurs.

Les neiges accumulées [1] par ces deux causes dans le fond des hautes vallées, condensées par leur chûte et par la pression de leur gravité, demeurent là presque sans aucun changement, jusqu'à ce que la chaleur du soleil et les vents chauds de l'été tempèrent le froid naturel à ces hautes régions et résolvent une partie de ces neiges. Je dis une partie, car, puisque les avalanches qui tombent dans des vallées assez basses et assez chaudes pour être cultivées, ont quelquefois de la peine à se fondre pendant tout le cours de l'été, on juge bien que celles qui tombent dans les hautes vallées,

DA. [1] Les neiges, dans les hautes régions, tombent généralement sous forme poudreuse, farineuse, et, chassées par le vent, elles s'entassent à de grandes hauteurs dans les cirques.

inhabitables et incultes, à cause du froid qui y règne, ne peuvent jamais se fondre entièrement. Il reste donc dans ces vallées, même à la fin de l'été, de grands amas de neiges que les chaleurs n'ont pu dissoudre; et ce sont ces mêmes neiges qui, abreuvées des eaux des pluies et des neiges fondues, se gèlent pendant l'hiver et forment ces glaces poreuses dont les glaciers sont composés.

J'ai vu souvent, à la fin de l'été, ces amas de neiges condensées par leur poids et par l'eau qu'elles ont imbibée, couvrir les glaces anciennes, contracter comme elles de larges et profondes crevasses, et n'en différer que par un degré d'opacité et d'incohérence que les froids de l'hiver ne manquent point de leur enlever.

C'est un fait connu dans les Alpes : toutes les fois que vous rencontrez une grande avalanche qui a résisté aux chaleurs de l'été et qui est renfermée dans un fond où l'eau peut s'arrêter, vos guides vous disent : « Ces neiges seront des glaces au printemps prochain.[1] »

S. 528. Cette explication de la formation des glaciers[2] paraît si simple et si naturelle, que l'on n'imaginerait pas qu'il pût en exister une autre. On sera donc bien étonné qu'un auteur moderne (voyez le *Journal de Physique*, mai 1779) en ait proposé une qui lui est diamétralement opposée. Il croit que les glaciers se forment, non point pendant l'hiver, mais pendant l'été, et même dans les plus grandes chaleurs. Cet observateur, d'ailleurs très-habile, a vu quelques couches de glace, formées accidentellement à la suite de quelques nuits fraîches, au haut d'un des glaciers de Chamounix, et il en a conclu que tous ces énormes amas de glaces sont produits par la congélation qui se fait, pendant les nuits d'été, des eaux des neiges fondues pendant le jour.

Autre hypothèse sur la formation des glaciers.

Il est bien vrai que, dans les nuits claires de l'été, il gèle sur ces régions élevées, mais à l'exception de quelques endroits très-singulièrement situés ou de quelques nuits d'une fraîcheur extraordinaire; ce qui se fond en été, même au plus haut point des glaciers, pendant que le soleil est sur l'horizon, surpasse de beaucoup ce qui se gèle en son absence. J'ai si souvent passé les nuits au pied et au bord même

Réfutation de cette hypothèse.

DA. [1] Les guides de l'Oberland bernois n'ont jamais été de cet avis; et il me souvient parfaitement que *Hans Wæhren* me dit en 1846 : « La neige se change en nevé partout, mais ce nevé ne se change pas en glacier partout. »

DA. [2] La neige se change en nevé, le nevé se transforme en glace, et l'explication de la formation des glaciers est établie. — Le glacier, par son poids, glisse ou coule comme de la lave sur les pentes, et la théorie du mouvement démontrée: nos observations *ne confirment nullement ces théories*, — et en 1862 nous sommes assez *osé* pour en imaginer une autre.

des glaciers, je les ai tant de fois visités avant le lever du soleil, que j'ai bien eu la facilité d'observer quel pouvait être sur eux l'effet de la fraîcheur de la nuit. En arrivant à l'aube du jour sur les glaciers, j'ai trouvé des couches minces de glace, formées à la surface des réservoirs d'eau que l'on rencontre fréquemment dans les crevasses des vallées glacées; mais jamais cette glace n'avait plus d'un travers de doigt d'épaisseur, et par conséquent la congélation était bien éloignée de parvenir jusqu'au fond des crevasses et de souder entr'eux de grands glaçons, comme le dit cet auteur : cette glace était claire, transparente, exempte de bulles, absolument différente de celle du glacier même, et la chaleur du soleil, pendant le reste de la journée, fondait en entier, non-seulement cette glace nouvelle, mais encore une quantité de l'ancienne.

Ravines. Les eaux des neiges fondues qui coulent sur les plaines de glace que l'on trouve au haut des grands glaciers, bien loin de les augmenter, creusent au contraire sur ces mêmes glaciers de profondes *ravines*, et forment, au milieu des grandes vallées de glace, ces canaux transparents remplis d'une eau vive, claire, dont la fraîcheur égale la pureté, et qui répare si promptement les forces du naturaliste épuisé qui vient se désaltérer sur leurs bords.

D'ailleurs, les vents chauds qui règnent en été fondent les glaces et les neiges pendant la nuit[1] comme pendant le jour, même sur les cimes les plus élevées, en sorte que, par le concours de toutes ces causes, la masse des glaces, comme celle des neiges, diminue considérablement dans toute l'étendue des Alpes pendant le cours de la belle saison.

Enfin, de mémoire d'homme, on n'a vu naître un glacier au milieu de l'été, comme cela devrait arriver, suivant cette supposition, qui sûrement paraîtrait bien étrange à un habitant des Alpes. Ce n'est pas qu'on ne voie quelquefois naître de nouveaux glaciers, nous en parlerons plus bas; mais c'est toujours en hiver qu'ils se forment par la congélation des neiges tombées pendant le précédent hiver et imbibées d'eau dans le courant de l'été.

Si l'on voit sur les glaciers des amas de glace un peu considérables, dans lesquels on distingue des couches, cela vient ou des couches de neiges successivement entassées d'une année à l'autre, ou de quelques sources qui, sortant pendant l'hiver de l'intérieur des montagnes, ou de dessous de grandes épaisseurs de glaces, coulent ensuite au grand air, et s'y gèlent successivement, comme cela se voit, même dans les

DA. [1] Très-exceptionnellement en haute région la nuit.

plaines. Mais cette glace diffère toujours, par sa consistance et par la densité (SS. 525 et 526), de la glace générale des glaciers. D'ailleurs les effets de cette cause sont très-bornés; et comme elle n'agit que pendant l'hiver [1], elle n'a rien de commun avec l'hypothèse que je viens de discuter.

S. 529. Les glaciers du second genre, ceux qui ne sont pas renfermés dans des vallées, mais étendus sur le penchant des hautes sommités, ont à peu près la même origine. Souvent leur cause première est une avalanche de neige qui s'est arrêtée sur des rocailles et des débris entassés au pied d'un rocher escarpé. D'autres fois la neige même, telle qu'elle est tombée du ciel, s'accumule à la longue, lorsque la pente de la montagne n'est pas assez rapide pour la faire glisser sous la forme d'avalanche. Glaciers du second genre.

Ces neiges, comme celles qui forment les glaciers du premier genre, se fondent en partie durant les chaleurs de l'été; l'eau qui est le produit de cette fonte pénètre et imbibe celles qui n'ont pas eu le temps de se résoudre; et les froids de l'hiver les surprenant dans cet état, les convertissent en glace.[2]

Mais, dans les glaciers de ce genre, l'eau qui détrempe les neiges et qui est la cause de leur conversion en glace, n'étant pas retenue comme dans le fond des vallées, il arrive souvent que les neiges ne sont qu'imparfaitement abreuvées d'eau, et que, par cette raison, la glace qui en résulte est encore plus poreuse et moins liée que celle des glaciers du premier genre. On en trouve même dont l'incohérence est telle, qu'il est permis de douter si l'on doit leur donner le nom de glace ou celui de neige. Leur glace est communément plus poreuse.

Ce n'est guère que vers le bas de ces glaciers, où la pente de la montagne entraîne une quantité d'eau suffisante pour abreuver complètement les neiges, que l'on trouve des glaces aussi denses que dans les glaciers du premier genre : la solidité de la glace décroît par degrés, à mesure que l'on remonte vers le haut; et sur les sommités mêmes, si du moins elles sont isolées, on ne trouve jamais que des neiges.[3]

S'il pouvait rester encore quelque doute sur l'origine des glaciers, ces dégradations entre les neiges proprement dites et les vraies glaces achèveraient de démontrer celle que je leur ai attribuée; car on voit à l'œil, en suivant ces nuances, que c'est toujours la neige qui forme la base de ces glaces : on reconnaît dans les plus denses comme dans les plus rares la même structure, des pores de la même forme, et on voit clairement que leur plus ou moins de densité ne vient que de la plus ou moins grande quantité d'eau qui les abreuvait dans le temps de leur congélation.

BA. [1] Par hiver en hautes régions on doit comprendre neuf mois de l'année.

BA. [2] Ce n'est pas ainsi que se forment les glaciers.

BA. [3] Sur les sommités les glaciers sont ordinairement et temporairement couverts de neiges ou nevés petits ou gros grains. En 1861 et 1862, années exceptionnelles, cette couverture temporaire avait disparu, et sur un très-grand nombre de pics, cols et crêtes on voyait la glace découverte.

Les cimes isolées ne sont couvertes que de neige.

S. 530. J'ai dit plus haut que sur les cimes des montagnes isolées [1] on ne trouve jamais que des neiges; cependant quelques naturalistes croient que celles qui sont très-élevées, le Mont-Blanc, par exemple, sont couvertes de glaces vives. Deux apparences trompeuses ont été cause de cette erreur.

En observant le Mont-Blanc avec des lunettes, ou de la plaine ou du sommet du Mont-Bréven, on a vu des surfaces resplendissantes comme de la glace polie. Mais ces surfaces ne sont autre chose qu'une croûte mince, produite par de la neige, que les rayons du soleil ou un vent chaud ont ramollie à sa surface et qui s'est ensuite regelée. J'ai trouvé cent fois les hautes cîmes couvertes de ces croûtes dures et brillantes; souvent même elles rendent périlleux des passages qui sont sûrs et faciles quand les neiges sont tendres ou douces, comme disent nos montagnards. J'ai vu même, de Genève, la cîme du Buet briller comme une glace polie, et par cette même raison; car il est bien certain que le sommet de cette montagne n'est couvert que de neige.

Une autre apparence qui a fait croire que la cîme du Mont-Blanc était couverte de glace, c'est que les lunettes d'approche y démontrent de larges et profondes crevasses, semblables à celles qui divisent les vrais glaciers. Mais j'ai déjà dit (S. 527), que les neiges, en s'affaissant, s'éclatent, se fendent et contractent des crevasses tout aussi bien, et sans doute plus facilement que les glaces mêmes.

Ce n'est pas en regardant le Mont-Blanc du côté du Nord que l'on peut juger de la nature des matières glacées qui le couvrent; il faut le voir du côté du Sud, de l'Allée-Blanche, du Glacier ou de la Ruize-de-Miage, et du haut du Cramont. De ce côté, il est taillé à pic tout auprès de sa cîme, et l'on voit sous cette cîme, au-dessus des rocs nus et escarpés qui couvrent cette face méridionale, les coupes verticales de l'épaisse calotte de neige dont cette même cîme est couverte. Des yeux exercés reconnaissent, même sans le secours des lunettes, que cette calotte est de la neige, et non point de la glace, ou que du moins c'est une congélation qui se rapproche beaucoup plus de l'état de neige que de celui de glace. Le blanc mat de ces tranches, leur peu de transparence, leur coupe plus nette et plus uniforme que celle des glaces, les caractérisent et les font distinguer. Et comme

DA. [1] A de très-grandes altitudes les neiges ou nevés temporaires qui couvrent les glaciers persistent longtemps; assigner le temps de cette persistance est impossible. Mais sous ces couvertures on trouvera toujours des glaciers en très-hautes régions : telles sont mes conjectures en 1862.

on a sous ses yeux en même temps et presque à la même distance de vrais glaciers, renfermés dans les gorges et couchés sur les pentes qui sont au pied des rocs escarpés de cette même montagne, la comparaison que l'on peut faire entre ces glaces et ces neiges ne laisse aucun doute sur leur différence.

Le raisonnement confirme en cela le témoignage des yeux; car il est impossible que, dans une région aussi élevée, et par conséquent aussi froide, il se fonde une quantité de neige suffisante pour abreuver d'eau toute la masse des neiges qui ne peuvent point se fondre. Ce n'est qu'à une certaine distance, au-dessous de la cîme, qu'il se rassemble assez d'eau pour lier les molécules de la neige et pour leur donner une consistance qui approche de celle de la glace.

Enfin, si ces observations et ces raisonnements ont besoin d'être confirmés par une autorité, j'alléguerai celle de **M. Gruner** : « Sur les hautes montagnes (dit-il), et sur leurs sommets couverts de neiges on ne trouve aucune glace proprement dite [1], mais une neige vieille et durcie. » *(Description des glaciers de la Suisse*, p. 314.)

S. 531. D'après tout ce qu'on vient de lire sur la formation des glaciers, on serait tenté de croire que ces neiges qui s'accumulent toujours, qui ne diminuent jamais en été autant qu'elles augmentent en hiver, et qui se convertissent en glaces plus solides encore et plus durables, devraient croître, et même très-rapidement, en épaisseur et en étendue. Heureusement la nature a mis des bornes à leur croissement. Causes qui limitent l'accroissement des glaciers.

Le soleil, les pluies, les vents chauds travaillent pendant l'été à les détruire; et l'évaporation, dont l'action sur la glace, et plus encore sur la neige, est très-considérable, principalement dans un air raréfié, dissipe, même dans les plus grands froids, une quantité considérable de toutes ces matières.[2] Les chaleurs de l'été. L'évaporation.

Mais ces causes ne retarderaient que faiblement les accroissements annuels des neiges et des glaces, s'il n'en existait pas deux autres dont je n'ai point encore parlé, et qu'il faut développer pour compléter cette esquisse de la théorie des glaciers.

DA. [1] A toutes les altitudes on trouve sous les nevés persistants de la glace de glaciers. J'en ai trouvé au *Galenstock*, au *Rosenhorn* (un des trois pics des *Wetterhœrner*), au col du *Lauter-Aar*, au col de l'*Ober-Aar*, au col du *Saint-Théodule*, au col de la *Strahleck*.

DA. [2] L'évaporation des matières gelées est en partie compensée par la condensation de la vapeur d'eau de l'atmosphère, nous le répétons : on ne saurait assez le dire. Point de rosée de l'air ambiant au-dessous de la température de l'eau dans tous ses états, il y aura évaporation. Point de rosée au-dessus de cette température, alors condensation. Dans le premier cas, diminution de volume et de poids, dans le second cas, augmentation.

La chaleur souterraine.

S. 532. L'une de ces causes est la chaleur intérieure de la terre, qui fait fondre les neiges et les glaces, même pendant les froids les plus rigoureux, lorsque leur épaisseur est assez grande pour préserver du froid extérieur les fonds sur lesquels elles reposent.

Notre terre a reçu du soleil, et peut-être d'autres causes qui ne nous sont pas bien connues, un certain degré de chaleur qui passe pour être uniforme à la profondeur de 60 ou 80 pieds (20 à 25^{m}) dans les parties solides de ce globe, et qui, dans ces mêmes parties et à cette même profondeur, n'est pas sensiblement affecté par les variations des saisons. Cette chaleur est ce que j'appelle la chaleur intérieure de la terre; elle se fait sentir, malgré les froids de l'hiver, à tous les corps qui, enfoncés dans la terre ou posés sur sa surface, sont suffisamment garantis des impressions du froid extérieur.

Or, la neige et la glace sont peut-être, de tous les corps connus, les plus impénétrables à l'action du froid; aucun abri ne préserve plus sûrement les plantes des rigueurs de l'hiver que la neige entassée au-dessus d'elles. Dans les pays où les froids ne sont pas excessifs, on voit souvent la terre, gelée avant la chûte de la neige, ressentir sous cette neige les effets de la chaleur intérieure et se dégeler, lors même que le froid continue de régner dans l'air et que les corps qui n'ont pas joui de cet abri ont été continuellement dans un état de congélation. Les plantes ainsi garanties du froid font pendant l'hiver des provisions pour leur accroissement futur; en sorte qu'au moment où les neiges sont fondues, elles font des progrès étonnants, préparés pendant leur séjour sous cet abri salutaire. Nous voyons dans nos Alpes la *soldanelle* et le *crocus* fleurir au printemps à mesure que les neiges se retirent; leurs fleurs brillent aujourd'hui dans la même place que la neige couvrait hier.

Cette chaleur produit même en hiver des courants d'eau sous les glaces.

S. 533. La chaleur souterraine agit donc continuellement sur les couches inférieures des glaciers et des amas de neiges dont l'épaisseur est un peu considérable. C'est elle qui entretient les torrents qui, même pendant les plus grands froids, ne discontinuent jamais de sortir de tous les grands glaciers.[1]

L'examen de ce fait fut un des motifs qui m'engagèrent à faire en hiver le voyage des glaciers de Chamounix. Je trouvai toute la vallée couverte d'une neige si fortement gelée, que les mulets chargés passaient par-dessus sans laisser plus de traces que sur un roc solide, et en telle quantité, que les palissades qui limitent les possessions en étaient cachées, et que l'on se dirigeait droit où l'on voulait aller sans distinguer les chemins et sans chercher à les suivre.

DA. [1] Ces observations ne sont pas confirmées.

Dans ce temps-là même il sortait des courants d'eau de tous les glaciers de la vallée, moins abondants sans doute qu'en été, mais toujours très-considérables. Or, d'où pouvaient venir ces eaux, si ce n'est des neiges et des glaces fondues par la chaleur souterraine. J'examinai même les fonds de ces courants; ils n'étaient point gelés, et il ne s'y formait aucune glace nouvelle; toutes ces eaux descendaient dans l'Arve; et celle-ci, petite à la vérité, mais toujours liquide, venait, comme dans la belle saison, porter au Rhône le tribut de ses eaux.[1]

S. 534. La fusion des neiges et des glaces par la chaleur intérieure de la terre trouve encore de nouvelles preuves dans la considération des amas de neiges qui sont disposés par couches parallèles à la surface du terrain.

Cette même chaleur amincit les couches inférieures des neiges.

Chacune de ces couches est le produit d'une année[2]; et c'est surtout dans les glaciers du second genre qu'on peut les observer; car ceux du premier, composés presqu'entièrement de grandes avalanches confusément entassées, ne présentent que rarement des vestiges réguliers de leurs accroissements. On observe que les couches de neige sont d'autant plus minces qu'elles sont plus voisines du sol sur lequel elles reposent. Les quantités inégales qui tombent en différentes années, les différents degrés de chaleur des étés et d'autres causes accidentelles troublent un peu la régularité de cette progression, mais n'empêchent pas qu'il ne soit vrai, qu'en général les couches les plus profondes sont aussi les plus minces. Le poids des couches supérieures qui compriment les inférieures contribue sans doute à les amincir; cependant leur densité n'est point en raison inverse de leur épaisseur : celles du fond contiennent réellement beaucoup moins de matière que celle de la surface. Or, cette diminution ne peut venir que de leur fonte, produite par l'action de la chaleur souterraine.[3]

S. 535. Une autre cause qui s'oppose avec beaucoup d'efficacité à un accroissement excessif des neiges et des glaces, c'est leur pesanteur[4], qui les entraîne avec une rapidité plus ou moins grande dans les basses vallées, où la chaleur de l'été est assez forte pour les fondre.

Le poids des glaces les entraîne dans les basses vallées.

La chûte des neiges sous la forme d'avalanches est un phénomène connu et auquel nous aurons occasion de revenir ailleurs. Celle des glaces, qui se fait avec plus de lenteur et, pour l'ordinaire, avec moins de fracas, a été moins bien observée.

Bâ. [1] Cette fonte par la chaleur souterraine n'est pas confirmée.

Bâ. [2] Parfaitement observé.

Bâ. [3] Conclusion erronée pour les neiges en très-hautes régions, où le sol est toujours gelé et n'a aucune action pour fondre les matières gelées qui le couvrent.

Bâ. [4] Le poids n'est pas la cause principale de la progression ; il exerce une faible action.

Presque tous les glaciers, tant du premier que du second genre, reposent sur des fonds inclinés, et tous ceux d'une grandeur un peu considérable ont au-dessous d'eux, même en hiver, (S. 533) des courants d'eau qui coulent entre la glace et le fond qui la porte.[1]

On comprend donc que ces masses glacées, entraînées par la pente du fond sur lequel elles reposent, dégagées par les eaux de la liaison qu'elles pourraient contracter avec ce même fond, soulevées même quelquefois par ces eaux, doivent peu à peu glisser et descendre en suivant la pente des vallées ou des croupes qu'elles couvrent.

C'est ce glissement lent, mais continu, des glaces sur leurs bases inclinées qui les entraîne jusque dans les basses vallées, et qui entretient continuellement des amas de glaces dans des vallons assez chauds pour produire de grands arbres, et même de riches moissons. Dans le fond de la vallée de Chamounix, par exemple, il ne se forme aucun glacier[2], les neiges mêmes y disparaissent dès le mois de mai ou de juin, et pourtant le glacier des Buissons, celui des Bois, celui d'Argentière descendent jusque dans le fond de cette vallée. Mais les glaces inférieures de ces glaciers n'ont point été formées dans cette place, et elles apportent, pour ainsi dire, l'attestation du lieu de leur naissance, puisqu'elles descendent chargées des débris des rochers qui bordent l'extrémité la plus élevée de la vallée de glace, et que ces rochers sont composés de pierres dont les espèces ne se trouvent point dans les montagnes qui bordent la partie inférieure de cette même vallée.

Sérac ou rectangles de glace.

S. 1975. On donne le nom de *sérac*, dans nos montagnes, à une espèce de fromage blanc et compacte que l'on retire du petit lait et que l'on comprime dans des espèces de caisses rectangulaires, où il prend la forme de cubes, ou plutôt de parallélipipèdes rectangles.— Les neiges, à une grande hauteur, prennent fréquemment cette forme lorsqu'elles se gèlent après avoir été en partie imbibées d'eau. Elles deviennent alors extrêmement compactes; dans cet état, si une couche épaisse de cette neige durcie se trouve sur une pente, qu'elle vienne, comme cela arrive toujours, à glisser en masse sur cette pente, et

DA. [1] Le petit glacier du *Faulhorn*, adhérant au sol dans toutes les saisons, et tous les glaciers à la même altitude ne sauraient avoir de l'eau qui coule entre la glace et le fond qui les porte. Dans les basses altitudes les glaces ne sont plus adhérentes au sol, et en hiver, dans de certains moments, il peut sortir des filets d'eau de la pente terminale.

DA. [2] Dans les Alpes l'*embryon glaciaire* ne peut se former au-dessous de 2800^{m}; au-dessus de cette altitude, toujours couvert de neige et de nevé, il grandira, se développera, progressera. Privé de cette couverture, par ablation, il sera réduit au néant et pourra se former de nouveau.

qu'en glissant ainsi quelques parties de la masse portent à faux, leur pesanteur les force à se rompre en fragments à peu près rectangulaires, dont quelques-uns ont jusqu'à 50 pieds (16m) en tout sens et qui, à raison de leur homogénéité, sont aussi réguliers que si on les eût taillés au ciseau.[1]

Voûte de neige.

S. 553. En faisant la route de Valorsine au sommet du Buet, nous voyons sous nos pieds les restes d'une grande avalanche qui avait comblé le lit du Trient et sous laquelle il s'est frayé un passage. La partie supérieure de cette avalanche forme encore une voûte légère qui va d'une rive à l'autre du torrent. Je vis en 1775, dans le Haut-Valais, des arches de neige semblables à celle-là, mais incomparablement plus grandes, puisqu'elles passaient par-dessus le Rhône, et si solides, que les voyageurs et les mulets chargés traversaient le Rhône sur ces ponts de neige durcie, sans que l'on imaginât courir aucun danger.[2]

Torrents temporaires.

S. 484. Au mois d'août 1776, après des pluies abondantes, l'Arve s'était tellement débordée, qu'à une demi-lieue de Sallenche elle avait emporté le chemin, et l'on était forcé de passer sur la pente rapide d'une prairie dont le fond argileux, humecté par les pluies, était extrêmement glissant. Je faillis y périr; — j'avais mis pied à terre et je menais mon cheval par la bride, quand il se mit à glisser sur moi des quatre pieds à la fois, en me poussant dans un précipice sous lequel passait la rivière; heureusement j'eus encore le temps de m'élancer en avant, de franchir ce mauvais pas et d'en tirer mon cheval.

Catastrophe.

S. 485. Un danger plus extraordinaire que l'on court sur cette route est celui d'être surpris par des torrents qui se forment subitement et descendent avec une violence incroyable du haut des montagnes qui sont sur la gauche de la grande route.

Torrents de boue.

Ces montagnes, presque toutes d'ardoises et en plusieurs endroits d'ardoises décomposées, renferment des espèces de bassins fort étendus, dans lesquels les orages accumulent quelquefois une quantité immense d'eau. Ces eaux, lorsqu'elles parviennent à une certaine hauteur, rompent tout-à-coup quelqu'une des parois peu solides de leurs ré-

DA. [1] **M. de Saussure** a le premier signalé ces tranches de nevé et leur a donné le nom spécial de *Sérac*.

DA. [2] Les anciens auteurs ont donné à ces ponts de neiges ou nevés tassés le nom de *ponts tremblants*, non pas parce que les ponts tremblent, vacillent, mais parce que souvent celui qui les passe grelotte, non de froid, mais de peur.

servoirs et descendent alors avec une impétuosité terrible. Ce n'est pas de l'eau pure, mais une espèce de boue liquide mêlée d'ardoises décomposées et de fragments de rochers. La force impulsive de cette bouillie dense et visqueuse est incompréhensible; elle entraîne des rochers, renverse les édifices qui se trouvent sur son passage, déracine les plus grands arbres et désole les campagnes en creusant de profondes ravines et en couvrant les terres d'une épaisseur considérable de limon, de gravier et de fragments de rocher. Lorsque les gens du pays voient venir ce torrent qu'ils nomment le *Nant sauvage*, ils poussent de grands cris pour avertir ceux qui sont au-dessous de fuir loin de son passage. On comprend que dès que le réservoir est vidé, le torrent cesse, ou du moins diminue considérablement : il dure rarement plus d'une heure.

Cet accident est très-rare : je ne l'ai vu qu'une seule fois, le 7 août 1767, et quoique, au moment où je le rencontrai, il fût déjà sur son déclin, j'en vis assez pour m'en faire une idée. On ne peut pas imaginer un spectacle plus hideux : ces ardoises décomposées formaient une boue épaisse, dont les vagues noires rendaient un son sourd et lugubre; et malgré la lenteur avec laquelle elles semblaient se mouvoir, on les voyait rouler des troncs d'arbres et des blocs de rocher d'un volume et d'un poids considérables.

Je fus cependant très-satisfait d'avoir été témoin de cette espèce de débâcle ; elle m'a aidé à comprendre comment la grande débâcle des eaux de la mer a pu entraîner des rochers des Alpes à de très-grandes distances.[1]

État de la neige sur la cime du Mont-Blanc.

S. 2013. La surface de la neige sur la cime du Mont-Blanc est couverte d'un vernis mince de glace qui devient écailleuse en s'éclatant. Des coups de soleil fondent la neige à la surface, et comme elle se regèle bientôt après, cela forme une espèce de vernis[2]. Dès qu'il s'élève un vent un peu fort, ce vent déchire ce vernis, soulève ces écailles et les fait voler à une grande hauteur. Il s'y joint des neiges en poussière que le vent entraîne encore plus facilement; on voit alors des vallées voisines une espèce de fumée que l'on prendrait pour un nuage qui s'élève de la cîme en suivant la direction du vent. Les gens du pays disent alors que *le Mont-Blanc fume sa pipe*.

Cette neige volante se teint en rouge au soleil couchant et res-

DA. [1] **M. de Saussure** avait une idée fixe diluvienne.

DA. [2] Cette espèce de vernis se produit dans de certaines circonstances météorologiques exceptionnelles.

semble quelquefois à la flamme d'un volcan. — Sous ce vernis de glace, la neige est assez ferme, et quoiqu'on puisse y enfoncer un bâton, elle présente cependant assez de résistance. Les pentes au-dessous de la cîme, qui sont exposées à une action plus forte des rayons du soleil, se fondent à une plus grande profondeur; et en se regelant ensuite pendant la nuit, elles forment une croûte plus épaisse qui, dans quelques endroits, soutient un homme sans se rompre, mais dans d'autres se brise sous ses pieds. — Au-dessous de cette croûte on trouve, surtout dans les pentes rapides, une neige folle et incohérente, dans laquelle on n'enfonce pourtant ordinairement que jusqu'à mi-jambe, parce qu'on rencontre alors une autre croûte qui soutient; car quand on trouve, comme je l'ai éprouvé en hiver, des neiges absolument en farine, on y enfonce jusqu'à la ceinture.

Épaisseur de la neige en hautes régions.

S. 2014. On a souvent témoigné la curiosité de savoir quelle est l'épaisseur de la calotte de neige qui recouvre la cîme du Mont-Blanc. Mais il n'y a aucun moyen de s'en assurer; il faudrait pour cela que cette calotte fût coupée à pic dans quelqu'une de ses parties; mais c'est ce qui n'est point: elle descend de tous les côtés par des pentes plus ou moins prolongées et qui ne montrent distinctement nulle part l'épaisseur de la neige.

Neige du Dôme-du-Goute.

Sur le Dôme-du-Gouté la calotte est coupée net du côté de l'Est, et cette coupure est bordée par les masses rectangulaires de neige et de glace dont j'ai parlé sous le nom de *Séracs* (S. 1975). Ces masses, glissées ou roulées depuis le haut de cette coupure jusqu'au bas du plateau que nous traversâmes, ne présentaient qu'une épaisseur de 12 pieds (4^{m}), mais sans doute leur partie supérieure, rare et incohérente s'en était détachée en chemin.

Comme au Prieuré, on voit ces mêmes séracs dans leur position originaire, sur le bord de l'escarpement du Dôme-du-Gouté; je fus curieux de les mesurer avec une lunette armée d'un *micromètre*. Je leur trouvai de là une épaisseur de 6 minutes. Or, à la distance de 4747 toises (9256^{m}), à laquelle j'évaluai celle de ces parallélipipèdes rectangles, 6 minutes donnent environ 50 pieds (16^{m},2).

Je cherchais ensuite quelqu'autre place voisine de la cime où l'on pût voir une tranche de neige coupée à pic au-dessus d'un rocher, où l'on ne pût point soupçonner d'avalanche, et dont les neiges pussent être considérées comme le produit de l'accumulation simple de celles qui tombent directement du ciel.

Je trouvai au-dessous de l'épaule droite du Mont-Blanc (S. 1986) une coupure de ce genre, dont l'épaisseur apparente était de 22 minutes 15 secondes, qui, à la distance de 4776 toises, à laquelle j'évaluai cette coupure, valait à peu près 31 toises ou 186 pieds (60^{m}). Or, comme il tombe plutôt plus de neige au-dessous de la cime que sur la cime même, je croirai passer plutôt la limite du vrai que rester au-dessous, en affirmant que l'épaisseur des neiges persistantes sur la cime du Mont-Blanc ne s'élève pas au-dessus de 200 pieds (65^{m}), et que c'est le maximum auquel la réduisent la fonte, soit du fond, soit de la surface, l'évaporation et les vents. Il ne faut donc pas croire, comme l'ont supposé quelques personnes, que cette épaisseur augmente continuellement. Ici, comme en tant d'autres occurrences, les causes d'accroissement trouvent des limites où les causes de destruction les atteignent, où la nature s'est fixée à elle-même des bornes qu'elle ne dépasse jamais. Voyez les preuves de la même vérité relativement aux glaciers § 535 et suivants.

Stratification des neiges.

S. 2015. Quand on observe de près quelqu'une de ces grandes coupures de neige, on peut remarquer, comme je l'avais déjà fait sur la cime du Buet, qu'elles sont disposées par couches. Les séparations de ces couches sont marquées par des lignes brunes, produit de la poussière et des terres que les vents transportent, surtout en été, lorsque la fonte des neiges laisse le terrain à découvert. J'eus une occasion bien favorable pour faire cette observation sur les parois de la magnifique crevasse où était tombé le pied de mon baromètre (S. 1978). Je reconnus que ces couches, à mesure qu'elles deviennent plus profondes, diminuent d'épaisseur par les effets réunis de la compression et de la fonte que produit l'infiltration des eaux; mais cette diminution n'est point régulière à cause de l'inégalité, tant de la quantité de neiges qui tombent chaque année que des causes qui produisent leur diminution. J'essayai de compter ces couches, et j'allai jusqu'à 19, mais l'obliquité des parois de la crevasse, dans les endroits où elle se resserre, peut rendre ce compte incertain; et d'ailleurs, comme on ne voit pas le fond, l'on n'en pourrait rien conclure.[1]

Températures des neiges.

S. 2054. Sur les hautes Alpes la surface de la neige gèle pendant

DA. [1] Des observations nombreuses confirment que chaque couche de neige correspond à la chûte de l'année. — D'après les citations d'altitudes (S. 2015) du Mont-Blanc qui, à peu près depuis un siècle, sont les mêmes : 4811^{m}, 4812^{m}, il paraîtrait qu'il tombe peu de neige sur la cime, ou du moins qu'elle est évacuée, puisque la hauteur de la cime ne varie pas.

la nuit, lorsque le temps est clair, dans toutes les saisons de l'année. Cette congélation n'est que superficielle sur les glaciers élevés seulement de 900 ou de 1000 toises (1950[m]) au-dessus de la mer; mais à la hauteur de 1200 toises (2340[m]) et au-dessus, la neige se durcit à la profondeur de plusieurs pouces : il se forme ainsi à sa surface une croûte assez solide pour porter des hommes. Sous cette croûte gelée la neige demeure à 0° ou au terme de la congélation; je l'ai sondée dans le voisinage du Col-du-Géant jusqu'à la profondeur de 12 pieds (4[m]), et je l'ai constamment trouvée à ce terme.

Je croyai donc que la congélation de la surface venait du froid de l'air extérieur, et je fus bien étonné quand je vis sur le Col-du-Géant les neiges voisines de notre arête commencer à se geler le soir dès que le soleil cessait de les réchauffer, quoique l'air extérieur fût encore à 2 (+ 2°,5c) et même à 3 degrés (+ 3°,7c) au-dessus du terme de la congélation.[1]

Je pensai d'abord que notre arête de rocher, quelqu'étroite qu'elle fût, communiquait à l'air qui reposait sur elle une chaleur supérieure à celle de l'air qui était directement au-dessus de la neige; mais l'expérience prouva l'insuffisance de cette explication.

En effet, le 12 de juillet je fixai trois thermomètres semblables et à boule nue au-dessus de la neige du glacier d'Entrèves; le premier à vingt pouces, le second à une ligne, et le troisième en contact avec la surface même de la neige. A dix heures et un quart du soir, je trouvai le premier thermomètre à + 1°,8 (+ 2°,2c) exactement comme celui qui était habituellement en expérience au-dessus de l'arête; d'où il suivait que cette arête n'influait nullement sur la température du thermomètre suspendu à 4 pieds au-dessus d'elle; le second thermomètre, situé à une ligne de la neige était à 0°, et le troisième, celui qui touchait la neige, à — 0°,2 (— 0°,25 c), ou à deux dixièmes de degré au-dessous de la congélation; effectivement la neige était couverte d'une croûte gelée, épaisse de 2 ou de 3 lignes : sous cette croûte la neige était à 0° et nullement gelée.

Mais voici un fait bien plus remarquable. Un grand bloc de granit

DA : Non-seulement la neige imbibée d'eau, mais l'eau se gèlera par 4° d'air ambiant (surtout en hautes régions), soit par rayonnement nocturne, soit par une atmosphère d'une très-faible humidité relative, ou par 4° d'air ambiant, le point de rosée étant à — 15, et même plus bas. Dans les circonstances indiquées par M. de Saussure, le psychromètre, soit la boule mouillée du thermomètre, eût été couverte d'une couche de glace qui en est la démonstration évidente.

reposait entre nos deux tentes sur le milieu de l'arête. Lorsque le soleil éclairait cette pierre, nos guides avaient soin de jeter de la neige sur une de ces faces qui était en pente du côté du SE, et l'eau qui distillait de cette neige, à mesure qu'elle se fondait, était recueillie par des sceaux placés au bas de la pierre : c'était là notre fontaine; nous n'avons pas bu d'autre eau pendant notre séjour sur le Col-du-Géant. Le 17 juillet, à 8 heures du soir, je venais d'observer le thermomètre en plein air; je l'avais trouvé à 2°,75 au-dessus de 0° (+ 3°,44 c), et en passant auprès de cette pierre, je portai par hasard la main sur une pelote de neige de la grosseur d'un œuf qui était restée sur la pierre; quel ne fut pas mon étonnement de trouver cette neige gelée à sa surface, tandis que le granit semblait devoir conserver encore une partie de la chaleur que le soleil lui avait imprimée. Je résolus sur-le-champ de constater avec précision toutes les circonstances de ce singulier phénomène. Je pris de la neige qui n'était point gelée, j'en fis une pelote de la grosseur d'une pomme; je nichai à son centre la boule d'un thermomètre et je posai cette pelote sur la pierre : je posai un second thermomètre en contact avec la surface extérieure de la boule de neige; un troisième en contact avec la pierre dans un endroit où elle était sèche, et un quatrième à un pouce de distance de cette pierre. Tout cela fut ajusté à 10 heures 45 minutes. Un peu après 11 heures je trouvai le thermomètre dont la boule était au centre de la pelote de neige et celui qui la touchait extérieurement, tous deux à 0°, et la neige n'était point gelée; les autres thermomètres étaient tous deux à + 1°,8 (+ 2°,2 c). Mais à minuit et 25 minutes, le thermomètre au centre de la pelote de neige étant toujours à 0°, celui qui la touchait par dehors était à — 0°,1 (— 0°,2 c); aussi toute la surface extérieure de cette pelote était-elle gelée. Les deux autres thermomètres étaient à + 1°,2 (+ 1,°5 c), et le thermomètre en plein air à + 1°,1 (+ 1°,4 c). J'avais placé sur la pierre et à côté de la boule de neige une petite éponge, légèrement imbibée d'eau. Lorsque la neige fut gelée, la surface de l'éponge commençait aussi à se geler, mais seulement dans sa partie supérieure. L'expérience de cette éponge n'est pas la seule qui nous ait prouvé que ce froid superficiel n'était pas propre exclusivement à la neige. Car nous avons vu constamment la surface de l'eau contenue dans des sceaux exposés à l'air, et nos tentes, lorsqu'elles avaient été mouillées, et des linges mouillés que je tenais à dessein en expérience se geler lorsque le thermomètre en plein air était encore d'un

et même de 2 degrés (+ 1°,2 c et + 2°,5 c) au-dessus de 0°. En cela, de même qu'à différents autres égards, ces observations diffèrent de celles qu'a faites M. Wilson sur le froid superficiel de la neige (*Philos. Trans.*, vol. 70 et 71). Mais la comparaison de ces phénomènes et la discussion des causes auxquelles on peut les attribuer exigent plus de développement qu'on ne peut leur en donner ici. J'ajouterai seulement qu'à Genève, depuis mon retour, j'ai tendu horizontalement, à l'ombre et dans des situations semblables, deux linges, l'un sec et l'autre mouillé. Un thermomètre couché sur le linge mouillé s'est tenu d'un degré (1°,2 c), et même quelquefois d'un degré et un quart (1°,5 c) plus bas que celui qui reposait sur le linge sec. L'air extérieur était à 2 degrés au-dessus de 0° (+ 2°,5 c), et le linge ne gela pas; mais je ne doute pas qu'il n'eût gelé si le thermomètre n'eût été qu'à 1 degré. Le froid produit dans cette expérience est bien certainement l'effet de l'évaporation; et si ce froid est moins grand dans la plaine, c'est que l'évaporation y est aussi moins considérable.[1]

La croûte gelée qui recouvre les neiges est sans doute plus épaisse en hiver qu'en été; je ne crois cependant pas qu'elle ait plus de dix pieds (3m,2) d'épaisseur; et je suis persuadé qu'au-delà de cette profondeur les neiges demeurent tendres, et, comme en été, au terme de la congélation. En effet, si l'on adopte le principe que j'ai posé dans l'article précédent: que la différence entre la température des plaines et celles des hautes montagnes n'est en hiver que les deux tiers de ce qu'elle est en été, on verra que, puisque la température moyenne du Col-du-Géant n'est en été que de 15 degrés (19°,0 c) plus froide que celle de Genève, elle ne le sera que de 10 en hiver (12°,0 c). Ainsi comme nos plus grands froids n'excèdent guère 15 degrés (— 19°,0 c) au-dessous de 0°, ceux du Col n'excéderaient guère 25 (— 31°,0 c), et ceux de la cime du Mont-Blanc 30 ou 31 (— 37°,5 c ou — 39°,0 c); ce qui est un peu moins que les plus grands froids de Saint-Pétersbourg. Or, puisqu'à la baie d'Hudson, dont le climat est beaucoup plus froid que celui de Saint-Pétersbourg, la terre ne gèle qu'à la profondeur de 16 pieds anglais, environ 15 pieds de France (4m,8); on ne s'écartera pas beaucoup de la vérité en supposant que, sur les hautes cimes des Alpes, la neige ne gèle en hiver qu'à 10 pieds (3m,2) de pro-

DA. [1] En entourant la boule du thermomètre d'étoffe ou de papier non collé mouillé (psychrom[illegible]), on verra fort souvent cette étoffe gelée et la boule sèche d'un autre thermomètre à plusieurs degrés au-dessus de zéro. — Le rayonnement nocturne, par un zénith découvert et par calme plat en haute région exerce une grande action.

fondeur[1]; surtout si l'on considère que la neige se laisse pénétrer par le froid plus difficilement que la terre.

Ces considérations confirment ce que j'ai avancé dans le chapitre sur les glaciers *(Voyages dans les Alpes*, T. I), que le fond des calottes de neige dont les hautes cimes sont chargées est encore de la neige et non point de la glace.[2] Mais j'y joindrai aujourd'hui cette restriction, c'est qu'il peut y avoir et qu'il y a effectivement de la glace sur les bords des escarpements et des crevasses par où l'air extérieur peut pénétrer. J'en ai vu la preuve en allant au Mont-Blanc. Les neiges épaisses qui reposent sur des pentes médiocrement rapides contractent des fentes qui se coupent à angles droits et qui divisent les neiges en grands blocs de forme rectangulaire. Souvent ces blocs sont si réguliers qu'on les dirait taillés au ciseau. Les gens de Chamounix les nomment alors
Seracs. des *sérès* ou *séracs*, du nom d'une espèce de fromage compacte que l'on retire du petit lait (*serum*), et auquel on donne aussi une forme rectangulaire. Ces séracs, rangés en ordre comme des gabions sur le bord de l'escarpement du Dôme-du-Gouté, présentaient l'aspect le plus extraordinaire, et il s'en détachait de temps en temps qui roulaient jusqu'au bas et qui couvraient de leurs débris la route que nous suivions. J'eus là la facilité de les observer de près. Ils sont composés de couches parrallèles; ces couches marquent les années, et sont d'autant plus minces qu'elles sont plus anciennes. Les supérieures n'ont point de consistance, parce qu'elles ne peuvent pas retenir la quantité d'eau nécessaire pour lier leurs parties; mais elles deviennent graduellement plus compactes, et celles du fond ont réellement la consistance de la glace, parce qu'après avoir été imbibées d'eau par la fonte des neiges supérieures, l'air qui les entoure a donné au froid extérieur un accès suffisant pour les geler. Du haut du Col-du-Géant on voit aussi une quantité de ces séracs, et surtout à la surface du glacier du Mont-Fréti.

DA. [1] En mars 1862 j'ai fait un séjour de quatre jours au *Faulhorn* 2683^{m} altitude) : mes guides, sous ma direction, ont foncé un puits à travers la neige qui couvrait le petit glacier du *Faulhorn*. A 6^{m} de profondeur nous avons atteint la surface du glacier. La surface de la neige était à zéro, et à 5^{m} de profondeur — 2°,5 c.

DA. [2] La neige et les nevés couvrent les glaciers temporairement partout, à toutes les altitudes. En très-hautes régions ces couvertures temporaires sont plus persistantes, mais le fond de ces calottes, c'est de la glace de glacier. Les années 1861 et 1862 l'ont prouvé à tous ceux qui ont fait des ascensions. Les nevés et les neiges qui couvraient les glaciers temporairement avaient disparu par fusion presque partout en très-hautes régions.

S. 652. En cotoyant le glacier des Buissons (Chamounix) on a le plaisir de voir de très-près des pyramides de glace de la plus grande beauté. C'est une observation que j'ai déjà faite plus d'une fois, que partout où les glaciers reposent sur un plan horizontal, leur surface est aussi à peu près horizontale; mais que, dans les lieux où ils reposent sur des plans inclinés, leurs glaçons se culbutent, se pressent et prennent des formes et des positions variées et souvent bizarres[1]. Les flancs escarpés de ces glaçons, *lavés continuellement* par les eaux qui en distillent, sont parfaitement nets et brillants; on n'y voit ni sable ni gravier, comme sur les plans horizontaux; ils paraissent d'un blanc éblouissant dans les parties qui réfléchissent les rayons du soleil, et d'un beau vert d'aigue-marine dans celles que ces rayons traversent. Ces grandes pyramides brillantes et colorées, vues au travers des sapins, que souvent elles surpassent en hauteur, présentent le spectacle le plus frappant et le plus extraordinaire. Belles pyramides de glace.

S. 653. Au haut de la montée du glacier des Buissons (qui, si elle est abrupte, est en revanche très-courte), on trouve un espace où le glacier, reposant sur un plan horizontal, a aussi sa surface à peu près horizontale. Là, après avoir traversé ce que l'on appelle la *moraine*, ou cette enceinte de pierres et de gravier qui borde presque tous les glaciers, on peut descendre sur la glace, traverser même le glacier et revenir au Prieuré par une route différente de celle qu'on a prise en montant. Ce glacier, beaucoup plus étroit que celui de Montanvert, ne présente que fort en petit les grands phénomènes que nous avons observés sur celui-ci : on y voit pourtant d'assez grandes crevasses et on y prend une idée des ondes que nous comparions aux vagues d'une mer agitée. Plateau du glacier.

S. 654. Le glacier des Buissons, vu du haut du Bréven, paraît descendre immédiatement de la cime du Mont-Blanc. Il est vrai qu'il y a là quelques illusions optiques : l'extrême blancheur des neiges et des glaces et le manque absolu de perspective aérienne à cause de la pureté de l'air ôtent à l'œil tout moyen de mesurer les distances, en sorte que le Mont-Blanc, vu de Plianpra ou du haut du Bréven, paraît être presqu'immédiatement au-dessus de l'extrémité inférieure de ce glacier, quoiqu'il y ait réellement une distance horizontale de plus d'une lieue et demie. Cependant, malgré cette distance, il est Origine du glacier des Buissons.

[1] Les pentes inclinées ne suffisent pas pour donner lieu à ces formes bizarres; il faut que le sol soit accidenté, inégal.

bien certain qu'il y a une continuité non interrompue de neiges et de glaces depuis la cime du Mont-Blanc jusqu'au bas du glacier des Buissons. C'est même en entrant sur ce glacier au sommet de la montagne de la Côte, qui la sépare du glacier du Taconay, que l'on a plus d'une fois tenté de parvenir à la cime du Mont-Blanc.

En remontant la rive opposée ou orientale de ce même glacier des Buissons, on arrive au glacier des Pèlerins, qui est au pied de l'aiguille du Midi, et l'on peut, en côtoyant les pieds des autres aiguilles, aller de là jusqu'au Montanvert et descendre le long du glacier des Bois. Je fis une partie de cette route en 1761. Ce fut là que je vis rouler cet énorme bloc de granit dont j'ai parlé dans le premier volume, S. 538. Mais je la fis avec trop de précipitation; mon guide, craignant d'être surpris par la nuit dans ces déserts, me fit descendre avec une telle rapidité que, n'étant pas encore bien exercé à courir les montagnes, je tombai presque à chaque pas : je ne fus de retour à Chamounix que fort avant dans la nuit, et dans un état d'agitation et de fatigue dont j'eus bien de la peine à me remettre.

Sommet de Buet. S. 580. La cime de la montagne de Buet est coupée à pic à une grande profondeur du côté du Midi, et de ce même côté, à une grande profondeur, elle ne présente point de glace : des couches de neige durcie entassées les unes par-dessus les autres recouvrent toute la sommité.

Mais à l'Est, au Nord et au Nord-Ouest les pentes de la montagne, qui se prolongent à une grande distance, se terminent par des monts de glace qui lui ont fait donner le nom de glacier et qui forment réellement un glacier de second ordre.[1]

DA. [1] **M. de Saussure**, avec l'idée préconçue que dans les tres-hautes régions les neiges seules couvrent la roche, signale de la glace de glacier sous la neige au Buet, et dit : « Se terminent par des murs de glace qui lui ont *fait donner* le nom de glacier; » et en observateur consciencieux il ajoute : « Et qui forment seulement un *glacier de second ordre*.

[illegible]

[illegible]

[illegible] voyage [illegible] je me logeai [illegible] les glaciers [illegible] *[illegible] de l'Aar*
[illegible] glacier et serré dans les montagnes [illegible]
[illegible] les [illegible] cristal [illegible]
[illegible] pierre.

[illegible] glacier de [illegible] Aar [illegible] *[illegible] de l'Aar*
[illegible] ceinture [illegible]
[illegible] entrée d'une large vallée à fond plat [illegible]
[illegible] couverte [illegible] blanc
[illegible] par l'Aar [illegible] vallée [illegible]
[illegible] hautes montagnes de granit [illegible] celles du Nord
[illegible] paraissent [illegible] à peu
[illegible] et appuyées contre le [illegible] celles du Midi ne
[illegible] distinctes.

[illegible] la chaîne septentrionale [illegible] de temps *Pied du glacier*
[illegible] monticules de granit [illegible] une heure et de-
[illegible] j'arrivai au pied du glacier [illegible]

[illegible] ce glacier n'est point [illegible], il est tellement
[illegible] les montagnes [illegible] ses glaces,
[illegible] l'Aar [illegible] de sortir comme
[illegible] arche de glace [illegible], se traîne en
[illegible] les [illegible] par la terre
[illegible] recouvrent.

[illegible] qui [illegible] du côté du Nord est [illegible]
[illegible] C'est un mur de granit d'une hauteur prodi-
[illegible] n'est pas plane, mais [illegible] lisse, *luisante et* [illegible]
[illegible] rendues par les [illegible] que font naître les
[illegible] cette surface.

[illegible] atteindre le haut du glacier il fallait gravir sur les [illegible]
[illegible] il est couvert [illegible] débris, quand on y met le
[illegible] glace qui les porte et rendent la marche [illegible]
[illegible] cependant, en moins d'un quart d'heure, j'atteignis [illegible]

[illegible]
[illegible]
[illegible]

le dessus du glacier. Là je le trouvai, comme dans sa pente, entièrement caché par les débris. Je marchai en avant près d'une heure, jusqu'à ce qu'on appelle à Chamounix le *plan du glacier*, c'est-à-dire le point où sa pente devient presqu'insensible. Mais là même la glace est encore cachée, et ce qui me causa un bien plus grand déplaisir, des nuages qui cachaient les têtes du Schreckhorn et du Finster-Aarhorn m'empêchaient d'observer ces majestueux colosses qui dominent, l'un à l'Ouest, l'autre au Nord-Ouest, l'extrémité de ce glacier.

Nature des pierres éparses sur le glacier.

S. 1695. Ne pouvant pas observer ces cimes, j'étudiai du moins les débris dont le glacier est couvert et qui viennent de ces cimes ou de leur voisinage. Ces fragments sont, les uns de granit en masse ordinaire, d'autres de granit veiné, d'autres de gneiss, d'autres de granitelle ou d'une roche composée de feldspath et de hornblende. On voit les éléments de ce granitelle, tantôt confondus, tantôt séparés en forme de couches, les unes toutes blanches, les autres toutes noires; ces couches sont ici droites, là en zigzag, là interrompues par des nœuds ou rognons; ces accidents sont en général les mêmes, mais moins tranchés, moins beaux qu'au pied du Mont-Blanc, S. 892. Les rochers les plus remarquables dans ce genre que je vis sur le glacier du Lauter-Aar[1], sont ceux qui renferment d'autres fragments, dont les couches coupent à angles droits celles de la pierre ou du bloc qui les renferment. J'y vis aussi des roches de corne ou des hornblendes schisteuses de différentes qualités, et souvent les fragments de cette pierre étaient recouverts d'une ocre jaune, produite par l'oxidation du fer que cette pierre renferme. Plusieurs de ces grands blocs étaient tapissés de cristaux de roche formés dans les crevasses qui avaient déterminé la séparation de la pierre. Ces cristaux étaient fréquemment accompagnés de *terre verte veloutée ou de chlorite.*

Byssolite.

S. 1696. Enfin, ce que je trouvai de plus curieux pour la lithologie, c'étaient des pierres couvertes de poils ou de soies très-brillantes, droites, libres, semblables à celles que j'ai décrites S. 890. Mais celles du Lauter-Aar[2] sont d'un brun isabelle, au lieu d'être d'un vert olive comme celles du Mont-Blanc. Celles du Lauter-Aar sont aussi moins longues; elles n'ont que 2 ou 3 lignes, tandis que celles du Mont-Blanc en ont jusqu'à 7 ou 8. En revanche, celles du Lauter-Aar sont beaucoup plus denses: elles forment une espèce de velours

DA. [1] Glacier inférieur de l'Aar.
DA. [2] Glacier inférieur de l'Aar.

extrêmement serré, dont tous les poils sont parallèles entre eux et perpendiculaires à la surface de la pierre sur laquelle ils paraissent croître. A un fort microscope ces poils paraissent parfaitement transparents et colorés en brun; les plus gros paraissent cannelés et striés suivant leur longueur; mais je crois que cela vient de ce qu'ils sont composés de plusieurs autres, car les simples ne présentent aucune cannelure. Ceux-ci ont tout au plus un 400e de ligne de diamètre. Je n'ai point pu distinguer leur forme: j'ai seulement vu que chacun d'eux est tronqué net à son extrémité par un plan perpendiculaire à son axe. On n'y distingue aucune espèce d'articulation; ils sont tous parfaitement droits, lisses et sans interruption d'une extrémité à l'autre. Au chalumeau ils se fondent aisément, mais sans se boursouffler, en un émail d'un brun noirâtre, luisant et fortement attirable par l'aiguille aimantée. Cette production, que je trouvai pour la première fois en 1777 et que je montrai dans mon cabinet à plusieurs naturalistes, n'était alors connue d'aucun amateur et n'avait été ni nommée ni décrite; depuis lors on en a trouvé dans les montagnes du Dauphiné, d'où elle s'est répandue dans les cabinets.

Mon fils a écrit sur ce fossile, qu'il a nommé *Byssolite*, un Mémoire qu'il a lu à la *Société des naturalistes genevois*, en 1792. Il en donne l'analyse, qu'il a faite sur 22 grains de la variété brune du Dauphiné, quantité trop petite sans doute, mais qui est la plus grande qu'il ait pu se procurer. D'après cette analyse, cent grains auraient donné :

Argile	43,19
Silice.	34,73
Calce.	9,01
Oxide de fer . . .	19,32
Somme . . .	106,25

Ces 6 grains $^1/_4$ de plus viennent de l'oxigène qui s'est uni au fer et de quelques portions d'eau et de soude que l'on n'a pas pu séparer des terres.

L'absence totale de magnésie prouve que ce fossile n'est point une amianthe, mais qu'il forme un genre distinct dans la classe argilo-siliceuse.

S. 1697. J'avançai ainsi sur le glacier du Lauter-Aar[1], en suivant la chaîne de montagnes qui le borde au Nord jusqu'au point où

Grottes d'où l'on a tiré de grandes masses de cristal.

[1] Glacier inférieur de l'Aar (*Unter-Aar*).

il s'infléchit aussi du côté du Nord pour aller au pied du Schreckhorn rejoindre les glaciers du Grindelwald. Comme les nuages qui couvraient les cimes ne me laissaient aucune espérance de les observer, je n'allai pas plus avant, mais je traversai obliquement le glacier pour gagner le pied du Zinkenstock qui borde au Midi son entrée.

Là je visitai les grottes d'où l'on a tiré, à ce que dit **Gruner**, 1000 quintaux de cristal et dont une seule pièce pesait 8 quintaux. Je vis trois de ces grottes : l'une de 18 pieds (5^{m},8), tant de largeur que de profondeur, dans un granit veiné à gros grains, à la surface duquel on voit encore les bases des cristaux qu'on en a détachés. La seconde est un peu au-dessous de la première et un peu moins grande : on y voit un beau filon de quartz de 2 à 3 pieds (1^{m}) d'épaisseur qui se relève contre le Nord-Est. Le même roc présente des filons moins épais et diversement inclinés. Je vis enfin une troisième galerie de 60 à 80 pieds (20 à 26^{m}) de profondeur, mais qui n'offrait rien de plus remarquable.

On sait que les filons de quartz, le son creux que rendent les rochers quand on les frappe et les sources que l'on en voit suinter, sont les indices d'après lesquels on fait des excavations pour aller à la recherche de ces grottes ou de ces fours tapissés de cristaux. L'accès de ces grottes présente quelques difficultés et même quelque espèce de danger; mon guide cependant ne jugea pas nécessaire de me lier avec une corde, comme firent ceux qui conduisirent **M. Storr**, *Alpen-Reise*, T. II, p. 25.[1]

De là je descendis au pied du glacier; je traversai ensuite à gué, avec assez d'ennui, trois branches de l'Aar, et je revins à l'hospice. Cette course et mes observations me tinrent environ 6 heures.

Eau-de-vie de gentiane.

S. 1699. En passant auprès des châlets qui sont au pied du glacier, je vis fabriquer une espèce d'eau-de-vie avec des racines de gentiane. On coupe ces racines par tranches, on les fait fermenter et on les distille ensuite sans aucune addition; je goûtai celle liqueur : elle est très-spiritueuse et d'un goût agréable, quoique d'une amertume vive au goût et à l'odorat. On l'estime beaucoup dans le pays comme tonique et comme fébrifuge. Au reste, ce sont les racines de la *gentiana purpinea* dont on se sert là pour cet usage. Mais dans d'autres montagnes ce sont les racines de la *lutea*.[2]

DA. [1] Depuis 1841, et probablement depuis plus longtemps, le glacier a couvert l'entrée de ces grottes de cristaux. — Voyez dans nos Matériaux pour l'étude des Glaciers : *Grottes de cristaux du Zinckenstock*.

DA. [2] Depuis 1841 on a abandonné ces distillations.

S. 1699 A. Avant de perdre de vue le glacier du Lauter-Aar [1], je dois rapporter que **M. Gruner** assure (T. I, p. 5) qu'il est constaté par des actes que la vallée de Lauter-Aar était anciennement fertile et se nommait alors *Blümlis-Alp* [2]. On peut croire cela de la vallée qui est entre le Grimsel et le pied du glacier. Peut-être même le glacier du Lauter-Aar a-t-il fait quelques progrès, mais que la totalité de ce glacier, dans lequel se versent nécessairement les neiges des hautes sommités qui l'entourent, ait jamais pu se débarrasser de ces neiges d'assez bonne heure pour produire de beaux pâturages, c'est ce que je ne saurais croire.

Si ce glacier est d'origine nouvelle.

S. 1707. J'eus aussi beaucoup de satisfaction à voir que les vraies cimes de ces hautes montagnes sont terminées, comme à Chamounix, par des creneaux à angles vifs et par des formes hardies et prononcées. L'excellent naturaliste qui m'a fait l'honneur de traduire en allemand les volumes précédents de ces voyages, tandis qu'il aurait pu avancer bien plus les progrès des sciences en publiant ses propres ouvrages, avait élevé des doutes sur cette forme des montagnes granitiques. J'étais ébranlé moi-même lorsque je voyais la forme émoussée des petites montagnes du Grimsel et les portions de cylindre et de sphère que l'on rencontre dans les granits de ce passage (S. 1689).

Granits arrondis dans le bas, aigus dans le haut.

Mais de mon observatoire sur l'Ober-Aar, d'où je voyais distinctement les cimes de toutes ces montagnes, et particulièrement de celles du S. 1689, je reconnus que ce n'étaient que les basses montagnes et les bases, ou les parties inférieures des hautes, auxquelles l'action des pluies, des neiges, des glaces, des pierres même qui, en glissant et roulant sur elles, leur ont donné ces formes arrondies.[3]

Je dois cependant ajouter que ces formes aiguës ne dépendent pas seulement de la nature de la pierre, mais aussi de la situation des couches de la montagne. En effet, on observe ces mêmes formes dans les montagnes calcaires, lorsqu'au degré de dureté dont elles sont susceptibles elles réunissent une structure en couches verticales ou très-inclinées; et réciproquement les granits les plus durs, lorsque leurs couches sont horizontales, ou à peu près telles, peuvent avoir des sommités ou plates ou arrondies, et nous en verrons des exemples dans ce même voyage.

DA. [1] Glacier inférieur de l'Aar.

DA. [2] *Blumlis-Alp*, Vallée des fleurs.

DA. [3] Ces formes arrondies, moutonnées, polies, sont produites par les glaciers.

III. Limites des neiges.

Hauteur à laquelle cesse la fonte de la neige.

S. 937. « Le bas de la neige, dit le célèbre **Bouguer** (*Voyage au Pérou*, p. XLVIII), forme une ligne assez exactement de niveau dans tous les pays qui sont aux environs de l'équateur. — Mais si nous examinons, ajoute-t-il, la chose d'une manière plus générale, si nous portons la vue sur tout le globe, cette ligne n'est pas parallèle à la surface de la terre : il est évident qu'elle doit aller en descendant d'une manière graduée, à mesure que l'on s'éloigne de la zône torride ou qu'on s'avance vers les pôles.

« Elle sera :

« Au milieu de la zône torride . . . . . 2434 toises (4746^{m}) ;

— des zônes tempérées . . . . 2100 — (4095^{m}) ;

en passant par le sommet de Theyde ou du Pic-de-Teneriffe, qui a à peu près cette hauteur.

« En France et dans le Chili 1500 à 1600 toises (2925^{m} à 3120^{m}), et continuera de descendre à mesure qu'on s'éloignera de l'équateur ; elle viendra toucher terre au-delà des deux cercles polaires, quoique nous ne la considérions toujours que pendant l'été.[1] »

Observations générales sur ces limites.

S. 938. Cette manière générale et géométrique de considérer les phénomènes de la nature porte l'empreinte du génie. Aussi ce passage a-t-il été copié dans tous les livres de physique générale et répété dans tous les cours ; mais c'est par cette raison même que je crois devoir relever deux erreurs dans la hauteur des points intermédiaires par lesquels **Bouguer** fait passer cette ligne, qu'il appelle *la ligne du terme inférieur constant de la neige*. Ces erreurs ne peuvent faire aucun tort à la mémoire de cet académicien célèbre, parce que ce n'était point d'après ses propres observations qu'il avait déterminé ces points intermédiaires.

Vraie hauteur de la ligne des neiges à l'entrée des zônes tempérées.

S. 939. Le **P. Feuillée,** qui le premier mesura géométriquement le *Pic-de-Teneriffe*, lui assigna 2213 toises (4315^{m}) de hauteur. **Bouguer,** reprenant en considération un élément que le **P. Feuillée** avait négligé dans son calcul, crut devoir réduire cette hauteur à 2100 toises

DA. [1] Nous l'avons déjà dit, et on ne saurait assez le répéter, les neiges en hautes régions ne sont point éternelles ; elles sont temporaires, plus ou moins persistantes.

4095^{m}). Mais ensuite **MM. de Verdun, de Borda** et **Pingré**, ayant eux-mêmes répété cette mesure, ont réduit la hauteur du Pic-de-Teneriffe à 1904 toises (3712^{m})[1] *(Voyage fait par ordre du roi*, t. I, p. 379). La latitude du même pic d'après les observations des mêmes astronomes est de 28°17' (t. II, p. 497).

Si donc on regarde la hauteur du Pic-de-Teneriffe comme celle à laquelle les neiges cessent de se fondre à l'entrée des zônes tempérées, il faudra rabaisser d'environ 200 toises (390^{m}) ce point de la ligne du terme inférieur constant de la neige..

S. 940. Mais ce point n'est pas le seul dans lequel cette ligne doit être rabaissée : celui qui correspond à la France et que **Bouguer** place entre 1500 ou 1600 toises (2925 à 3160^{m}), doit être placé entre 1400 ou 1500 toises (2730 à 2925^{m}), même pour la France méridionale. Car le *Canigou*, qui passe pour être la cîme la plus élevée des Pyrénées[2] n'a que 1453 toises (2833^{m}), et cependant **M. Darcet** assure que la partie la plus élevée des Pyrénées est couverte de neige dans toutes les saisons (*Discours sur l'état actuel des Pyrénées*, p. 22). Sa hauteur en France.

S. 941. L'**Etna**[3], malgré les feux qu'il recèle dans son sein et une situation bien plus méridionale que la France, puisqu'il est entre le 37^{e} et le 38^{e} degré de latitude, conserve des neiges éternelles à une élévation plus petite que 1500 toises (2925^{m}). — Depuis la pointe du cône jusqu'à environ 100 toises (195^{m}) au-dessous de l'orifice du cratère, les neiges se fondent en été, soit parce que les parois de cette partie de la cheminée du volcan sont assez minces pour laisser agir au dehors la chaleur du dedans, soit plutôt parce que les fumées chaudes et sulfureuses qui en sortent se rabattent fréquemment sur le pourtour de la bouche et contribuent ainsi à la fonte des neiges. Mais au-dessous de cette partie supérieure du cône, le Mont-Etna est pen- Sa hauteur sur l'Etna.

DA. [1] L'*Annuaire du bureau des longitudes* donne au Pic-de-Teneriffe une altitude de 3710^{m}.

DA. [2] Le Canigou est la partie la plus élevée dans les Pyrénées orientales (2785^{m} altitude). Dans les Pyrénées, la partie la plus élevée est la Maladetta, dont le point culminant est le *Pic-Nethou* (3404^{m} alt.), d'où descend le glacier de la Maladetta.

DA. [3] Etna (Sicile), 3237^{m} alt. (*Annuaire du bureau des longitudes*). — **M. de Saussure** rapporte que le 5 juin 1773, à 7^{h}20^{m}, il se trouvait sur la cîme de l'Etna, et exposa le baromètre. La température de l'air ambiant était de + 3°,5 R (+ 4°,4). Au même moment l'air au bord de la mer était à + 18°,5 R (+ 23°,1 c). La hauteur calculée suivant les tables de **de Luc** était de 1672 toises (3260^{m}) altitude du point culminant

dant toute l'année couvert d'une zône ou ceinture de neige, large d'environ 150 toises (290^{m}) que l'on découvre de très-loin en mer et qui descend presque à 250 toises (485^{m}) au-dessous de la cime (soit à 2752^{m} alt.).

M. de Riedsel, qui monta sur l'Etna le 1er mai 1767, trouva les neiges encore établies auprès de la Caverne-du-Chevreuil *(Spelonca del capriolo)* qui, d'après mon observation du baromètre, n'est élevée au-dessus de la mer que de 842 $^{1}/_{3}$ toises (1642^{m}). Comme j'y allais dans une saison qui était de 36 jours plus avancée, je ne rencontrai plus de neige à cette hauteur, mais à 200 ou 300 toises (390 à 585^{m}) plus haut (à 2200^{m} alt.), on commençait à en voir partout où les enfoncements du terrain la tenaient un peu à l'abri du soleil, et un peu plus haut encore elle n'avait plus besoin d'abri. Sans doute les neiges diminuent encore jusqu'au mois de septembre[1], mais cependant, d'après le témoignage des gens du pays, il en reste toujours dans les endroits découverts qui ont certainement moins de 1500 toises (2925^{m}) d'élévation.

Les auteurs anciens ont célébré ce contraste étonnant des neiges éternelles avec les flammes que vomit cet ancien et redoutable volcan :

Summo cana jugo cohibet, mirabile dictu,
Vicinam flammis glaciem, æternoque rigore
Ardentes horrent scopuli (Sil. Ital. Lib. XIV).

Claudien, dans son poëme de *Raptu Proserpinæ,* L. I :

Sed quamvis nimio fervens exuberat æstu,
Scit nivibus servare fidem pariterque favillis.

Strabon enfin, L. VI, dit : dans la partie nue la plus élevée l'Etna est couvert de cendres et des neiges de l'hiver.

Si l'on pouvait croire que ce fussent les sels rejetés par le volcan qui retardent la fusion de la neige, je ferai observer : premièrement, que les sels rejetés par les volcans sont rares et en petite quantité; en second lieu, que les sels qui produisent du froid par leur mélange avec la glace accélèrent la fusion de cette même glace, bien loin de la retarder; et qu'ils ne produisent même ce froid que parce qu'ils le fondent.

DA. [1] En haute région l'ablation des neiges ne commence qu'à la fin d'avril, et de juin à septembre elle est très-forte.

Distinction à faire par rapport aux Alpes.

S. 942. Quant aux Alpes, il y a une distinction essentielle à faire entre les montagnes dont la hauteur surpasse beaucoup la limite inférieure des neiges et celles qui se terminent à peu près à cette limite.

Limite inférieure des neiges sur les montagnes très-élevées.

S. 942 *bis*. Les hautes montagnes comme le Mont-Blanc, les hautes Aiguilles, le Buet même, ont leur cime et leurs flancs couverts de grands amas de neiges éternelles [1] qui refroidissent de proche en proche les couches inférieures de l'air, imbibent continuellement d'une eau glacée les terres et les rochers qui sont au-dessous d'elles, et entretiennent ainsi pendant toute l'année des neiges à des hauteurs où elles se fonderaient si elles étaient sur des montagnes moins hautes où elles n'auraient à combattre que le froid de l'air, et non des amas de frimats dans un état de congélation actuelle. — Ainsi, sans parler des glaciers qui par une cause différente descendent encore beaucoup plus bas, on peut dire en général que les neiges, proprement dites, ne fondent guère au-dessus de 1300 toises (2535^{m}) sur les montagnes dont la hauteur totale surpasse 1500 à 1600 toises (2925 à 3120^{m}).

Limite des neiges sur les montagnes moins élevées.

S. 943. Les cimes isolées, ou qui du moins ne sont pas immédiatement jointes avec de très-hautes montagnes, se débarrassent de toutes leurs neiges lorsque leur élévation au-dessus de la mer ne surpasse pas 1400 toises (2730^{m}). Ainsi le Cramont et les Fours, que nous avons observés, et d'autres que nous verrons encore, qui ont environ 1400 toises (2730^{m}) de hauteur, se dégagent entièrement et produisent quelques gramens et quelques autres plantes sur leur sommité. Mais toutes les montagnes dont la hauteur surpasse 1400 ou 1450 toises (2730^{m} à 2830^{m}) conservent à leurs cimes des neiges éternelles.

Donc, même pour ces montagnes isolées, il faut rabaisser au moins de 100 toises (195^{m}) la limite que **M. Bouguer** avait fixé aux neiges éternelles sous le climat de la France.

Celles de la Suisse descendent encore plus bas.

S. 944. **M. le général Pfyffer**, si connu par ses talents, par son mérite personnel et par le magnifique ouvrage en relief dans lequel il a représenté avec l'exactitude la plus admirable plus de 100 lieues carrées de montagnes de la Suisse, ne donne à la ligne des neiges que 1082 toises (2109^{m}) au-dessus du lac de Lucerne; ce qui, en supposant ce lac de 32 toises plus élevé que le nôtre, fait seulement 1302 toises (2539^{m}) au-dessus de la mer. **M. Pfyffer** a choisi pour

[1] Ces neiges non éternelles, mais plus ou moins persistantes, recouvrent des glaciers dans les hautes altitudes. Ces neiges, dans des années exceptionnellement chaudes, fondent et la surface des glaciers est à découvert. Pour exemple, les années 1874 1892

cette détermination la montagne du Geissberg, qui paraît bien propre à cet usage, puisqu'elle ne conserve que 10 à 12 toises (19m à 24m) de neiges pendant l'été. Il semble donc qu'à cet égard il y a une grande différence entre les montagnes de la Suisse et celles de la Savoie; et cela confirme d'autant plus que la ligne des neiges est moins élevée qu'on ne le croit communément.[1]

IV. Moraines.

Amas de pierres déposées sur les bords des glaciers.

S. 536. Tous les grands glaciers ont à leur extrémité inférieure, et le long de leurs bords de grands amas de sable et de débris, produits des éboulements des montagnes qui les dominent. Souvent même les glaces sont encaissées dans toute leur longueur par des espèces de parapets ou de retranchements composés de ces mêmes débris, que les glaces latérales de ces glaciers ont déposés sur leurs bords. Dans les glaciers qui ont été anciennement plus grands qu'ils ne le sont aujourd'hui, ces parapets dominent les glaces actuelles; dans ceux qui sont, au contraire, plus grands qu'ils n'aient encore été, ces parapets sont plus bas que la glace; et on en voit enfin où ils sont de niveau avec elle. Les paysans de Chamounix nomment ces monceaux de

Moraines.

débris la *moraine du glacier*.

Les pierres dont l'entassement forme ces parapets sont pour la plupart arrondies, soit que leurs angles se soient émoussés en roulant du haut des montagnes, soit que les glaces les aient brisés en les frottant et en les serrant contre leur fond ou contre leurs bords; mais celles qui sont demeurées à la surface de la glace sans avoir essuyé de frottements considérables, ont conservé leurs arêtes vives et tranchantes. Quant à leur nature, celles que l'on trouve sur l'extrémité supérieure des glaciers, sont des mêmes genres de pierres que les montagnes qui les dominent; mais comme les glaces les entraînent vers le bas

DA. [1] **M. de Saussure** cite les observations de **Gruner**, qui s'appuient des déterminations d'altitudes faites par **Michely du Crest**, et de celles de **Fatio de Duillers**, qui assignent à la limite des neiges persistantes une altitude de 1500 toises (2925m).

des vallées elles arrivent entre des montagnes dont la nature est entièrement différente de la leur.

Bancs de pierres et de sables au milieu des glaciers.

S. 537. Il semble un peu plus difficile de se rendre raison des amas de pierres et de sable que l'on trouve entassés dans le milieu des vallées de glaces[1] et à une si grande distance des bords de ces vallées, qu'il paraît impossible que ces amas viennent des montagnes qui les bordent.

Ces pierres sont ordinairement arrangées par lignes parallèles au bord du glacier, et l'on voit souvent plusieurs de ces lignes séparées par des bandes de glaces vives et pures. Quand on traverse la grande vallée de glace, à deux lieues au-dessus de Montanvert, on est obligé de franchir quatre ou cinq de ces espèces de retranchements ; quelques-uns d'entre eux sont élevés de 30 ou 40 pieds (10 à 13^{m}) au-dessus de la surface du glacier, tant par la quantité des pierres qui les composent que par les glaces mêmes qui, garanties du soleil et de la pluie par ces mêmes amas, demeurent au-dessous d'eux, beaucoup plus hautes que là où elles sont nues et exposées à toutes les injures de l'air.

J'ai vu quelques habitants des Alpes qui, ne sachant comment expliquer l'origine de ces bancs, disaient que les glaces repoussent en haut et chassent à leur surface tous les corps étrangers qui se trouvent renfermés dans leur intérieur, et même les rochers mobiles et le sable qui sont au-dessous d'elles. Mais, outre qu'une telle force serait absolument incompréhensible, il y a une difficulté plus grande encore : c'est que la glace est, comme je viens de le dire, beaucoup plus élevée au-dessous de ces bancs de débris que dans le reste de la vallée ; en sorte que ces débris ne font que recouvrir des arêtes de glace qui ont quelquefois 15 ou 20 pieds (5 à 6^{m}) d'élévation de plus que les glaces nues qui les séparent. Il faudrait donc supposer que la glace se chasse elle-même en haut, et cela précisément et uniquement dans les places où elle est chargée du plus grand poids ; ce qui est tout-à-fait absurde, d'autant plus que l'on observe une continuité parfaite entre ces glaces couvertes et celles qui ne le sont pas. On voit les mêmes fentes, les mêmes accidents se continuer de l'une à l'autre, en sorte que l'on ne peut pas soutenir que l'une soit originaire du fond et que l'autre appartienne à la surface. Voici, je crois, la véritable raison de ce phénomène.

[1] Ce sont les moraines médianes des glaciers qui ont plusieurs affluents et dont la présence au milieu du glacier s'explique parfaitement.

Ce sont des débris que les glaces entraînent vers le milieu des vallées.

On trouve dans les hautes Alpes, comme dans les plaines, des montagnes qui sont dans un tel état de caducité, qu'il s'en détache continuellement des fragments, ou entiers ou atténués, sous la forme de terre et de sable; et cela arrive soit parce que ces montagnes se divisent naturellement en fragments de différentes formes, soit parce que les injures de l'air les atténuent et les décomposent. Au printemps surtout, lors du dégel, des pluies chaudes et de la fonte des neiges, les parties de rocher, de sable et de terre que les gelées avaient soulevées et écartées, tombent sur les glaces contenues dans les hautes vallées. Ces pierres, amoncelées sur les bords des glaciers, obéissent ensuite au mouvement des glaces qui les portent. Or, nous avons déjà vu que toutes ces glaces ont un mouvement progressif; qu'elles glissent sur leurs fonds inclinés, qu'elles descendent peu à peu jusque dans les basses vallées; que là elles sont fondues par les chaleurs de l'été, et que celles qui se détruisent ainsi sont continuellement remplacées par le mouvement progressif du glacier. Mais la partie inférieure des vallées de glace n'est pas la seule où elles se fondent. Dans les beaux jours de l'été, surtout quand il règne des vents du Midi ou qu'il tombe des pluies chaudes[1], elles se fondent dans toute l'étendue des glaciers; les eaux produites par cette fonte se rassemblent, forment sur la glace même de larges et profondes *ravines*. — Les glaciers se divisent par de grandes *crevasses*, et comme les vallées ont toutes plus ou moins la forme d'un berceau, que leurs fonds sont plus excavés que leurs bords, les glaces se pressent et se resserrent vers le milieu des vallées; celles qui sont sur les bords s'éloignent de ces bords, glissent vers le point le plus bas et entraînent avec elles, vers le milieu des vallées, les terres et les pierres dont elles sont couvertes.

La preuve de cette vérité, c'est que vers la fin de l'été on voit en bien des endroits, surtout dans les vallées les plus larges, des vides considérables entre le pied de la montagne et le bord du glacier; et ces vides proviennent non-seulement de la fonte des glaces latérales, mais encore de ce qu'elles se sont écartées des bords en descendant vers le milieu de la vallée. Pendant le cours de l'hiver suivant, ces vides se remplissent de neiges, s'imbibent d'eau, se convertissent en glaces[2]; les bords de ces nouvelles glaces les plus voisins de la mon-

DA. [1] Les rayons solaires ont infiniment plus d'action sur la surface des glaciers que les vents et la pluie dont l'action est même très-faible.

DA. [2] Ces neiges imbibées d'eau peuvent en très-haute région se convertir exceptionnellement en glace buleuse.

tagne se couvrent de nouveaux débris, ces lignes couvertes s'avancent à leur tour vers le milieu du glacier : et c'est ainsi que se forment ces bancs parallèles qui se meuvent obliquement d'un mouvement composé résultant de la pente du sol vers le milieu de la vallée, et de la pente de cette même vallée vers le bas de la montagne.

Enfin, ce qui achève de démontrer l'origine de ces bancs, c'est qu'il ne *s'en forme point dans les endroits où les glaciers sont bordés de rochers de granit indestructible, ou lorsque les pentes des montagnes qui les entourent sont couvertes de neiges ou de glaces.*[1]

Ils pourraient servir à connaître l'âge des glaces.

Il semble d'abord que ces lignes parallèles de sable et de débris devraient marquer les années et servir à déterminer l'âge des différentes parties des glaciers; mais lorsque ces bancs *viennent des deux côtés d'une vallée de glace, ils se confondent vers le milieu : souvent aussi la pente irrégulière du lit trouble leur ordre et leur parallélisme.*

On trouve pourtant des endroits où il n'y a que d'un côté du glacier des montagnes qui se détruisent et où ce calcul pourrait se faire avec moins d'incertitude.

Fond horizontal de la vallée de Chamounix.

S. 608. En allant du Prieuré au Montanvert, on commence par traverser obliquement le fond de la vallée de Chamounix à travers des prairies et des champs bien cultivés. On remarque l'horizontalité parfaite du fond de cette vallée, et partout où la terre est entr'ouverte, on voit que ses premières couches sont des lits horizontaux de limon, de sable et de gravier; d'où l'on doit conclure que l'Arve a couvert autrefois tout le fond de cette vallée et a élevé ce même fond par l'accumulation de ses dépôts.[2]

Le glacier vu de plus près. — Moraines.

S. 615. Au bas de cette pente on trouve ce qu'on appelle la *moraine du glacier* (S. 536), ou cet amas de sable et de cailloux qui sont déposés sur les bords du glacier, après avoir été broyés et arrondis par le roulis et le frottement des glaces. De là on passe sur le glacier même, et s'il n'est pas trop scabreux et trop entrecoupé de grandes crevasses, il faut s'avancer au moins jusqu'à trois ou quatre cents pas pour se faire une idée de ces grandes vallées de glace. En effet, si l'on se contente de voir celle-ci de loin, du Montanvert par exemple, on n'en distingue point les détails : ses inégalités ne semblent être que les ondulations arrondies de la mer après l'orage; mais quand on est au milieu du glacier, ces ondes paraissent des mon-

DA. [1] Parfaitement observé.

DA. [2] Les comblements ont été faits par les glaciers qui ont déposé leur moraine profonde.

tagnes et leurs intervalles semblent être des vallées entre ces montagnes. Il faut d'ailleurs parcourir un peu le glacier pour voir ses beaux accidents, ses larges et profondes crevasses, ses grandes cavernes, ses lacs remplis de la plus belle eau, renfermée dans des murs transparents de couleur d'aigue-marine, ses ruisseaux d'une eau vive et claire qui coulent dans des canaux de glace et qui viennent se précipiter et former des cascades dans des abîmes de glace.

Pentes de neige.

S. 557. On croira peut-être que c'est une chose très-pénible que de gravir une montagne par des pentes couvertes de neiges; et cela est vrai lorsque ces neiges sont ou trop dures ou trop tendres. Mais quand on les trouve ramollies au point de prendre l'empreinte du pied sans le laisser enfoncer entièrement, c'est l'appui le plus avantageux que l'on puisse avoir en marchant. Cette neige s'affaisse sous le pied, prend exactement sa forme et fait ensuite toute la résistance nécessaire pour lui servir de point d'appui : c'est en quoi la neige diffère du sable et des cendres des volcans, qui fatiguent excessivement, parce qu'ils cèdent et fuient sous le pied dans le moment même où il fait son effort pour chasser le corps en avant. Les neiges trop molles ont le même inconvénient; mais si, au contraire, on les trouvait tout-à-fait dures, comme elles le sont souvent de grand matin après des nuits claires et fraîches, les pentes rapides seraient non-seulement fatigantes, mais très-dangereuses; on ne pourrait les gravir qu'avec de forts souliers ferrés ou avec des crampons, ou en creusant avec quelque instrument ferré des escaliers à sa surface.

V. Mouvement progressif des glaciers.

Mouvement progressif des glaciers.

S... Du Breuil à Saint-Jacques d'Ayas nous vînmes passer au-dessous d'un glacier qui domine les pâturages de Rollin. Ce glacier se termine abruptement au-dessus d'un précipice et me fournit une occasion favorable de relever un voyageur allemand nommé **Plouquet**, qui a fait un voyage en Suisse, et ensuite un livre, uniquement dans le dessein de combattre le mouvement progressif des glaciers.

Quelques-uns de mes amis m'avaient pressé de répondre à ce voyageur, mais cette réponse m'avait paru superflue lorsque j'ai vu que ses arguments avaient séduit et induit en erreur les rédacteurs de la *Gazette littéraire de Jéna*, l'un des journaux les plus estimés de l'Allemagne, au point de leur faire dire que **Plouquet** prouve, suivant leur conviction, d'une manière très-satisfaisante que le mouvement progressif des glaciers est une chose physiquement impossible.

« Beweiset nach unserer Ueberzeugung, daß das sogenannte Vorrücken der « Gletscher eine physisch unmögliche Sache sei. » (Allg. Litt. Zeitung, 1792.) Mai, p. 310.

Je dis que des glaciers qui, comme celui-là, aboutissent à des escarpements, portent avec eux la démonstration de leur mouvement progressif; car, lorsqu'on voit des murs de glace de plus de 100 pieds de hauteur (32^{m}) se terminer sur le bord d'un escarpement, lorsqu'on voit à chaque moment des masses de glace se détacher de ces murs, et ces glaces, accumulées par les chûtes répétées, former aux pieds de ces escarpements des amas considérables, peut-on douter que ces glaces ne glissent perpétuellement de haut en bas et n'aient par conséquent un mouvement progressif.

D'ailleurs, quand on considère que ces glaces reposent sur des plans inclinés, qu'il coule sous elles des torrents d'eaux qui les fondent par en bas, les détachent et les soulèvent, ne sent-on pas que leur permanence dans la même place est une chose physiquement impossible?

Mais sans recourir à ces escarpements, est-ce que les rochers des hautes montagnes que les glaciers charrient dans le bas des vallées ne prouvent pas le mouvement progressif des glaces sur lesquelles on

DA ' M. de Saussure fait glisser les glaciers sur leur pente par leur poids

les voit encore à leur arrivée dans ces vallées. Mais il y a plus; c'est qu'on les voit se mouvoir et pousser devant elles des rochers, souvent même au péril de sa vie; non pas immédiatement à la vérité depuis *Tubingue*[1], mais quand on passe immédiatement au-dessous comme au glacier des Pèlerins (S. 538), au glacier du Miage (S. 854) et en tant d'autres lieux. Aussi n'ai-je pas vu un seul habitant des Alpes qui eût le moindre doute sur la réalité de ce mouvement progressif, et le doute éphémère élevé par cet auteur passera comme les glaces se fondent à mesure que leur mouvement progressif les fait arriver dans des régions tempérées. Le rocher sous lequel aboutit ce glacier est de serpentine.

Arveiron. S. 620. L'Arveiron est un torrent considérable qui sort de l'extrémité inférieure du glacier des Bois par une grande arche de glace que les gens du pays nomment *l'embouchure de l'Arveiron*, quoiqu'au vrai ce soit là sa source, ou du moins le premier endroit où il se montre à découvert. — On peut y aller, comme je l'ai dit, directement en descendant du Montanvert; mais c'est une route si fatigante par sa rapidité que je ne saurais la conseiller. En y allant au contraire du Prieuré, c'est une promenade charmante d'une petite heure, toute de plain-pied, que l'on peut même faire en voiture en traversant de belles prairies et une superbe forêt.

Voûte de glace. C'est un des objets les plus dignes de la curiosité des voyageurs. Que l'on se figure une profonde caverne dont l'entrée est une voûte de glace de plus de 100 pieds (33[m]) d'élévation, sur une largeur proportionnée; cette caverne est taillée par la main de la nature au milieu d'une énorme masse de glace qui, par le jeu de la lumière, parait ici blanche et opaque comme de la neige, là transparente et verte comme l'aigue-marine. Du fond de cette caverne sort avec impétuosité une rivière blanche d'écume, et qui souvent roule dans ses flots de gros fragments de glace. En élevant les yeux au-dessus de cette voûte, on voit un immense glacier couronné par des pyramides de glace, du milieu desquelles semble sortir l'obélisque du Dru, dont la cîme va se perdre dans les nues; enfin tout ce tableau est encadré par les belles forêts du Montanvert et de l'aiguille du Bochard, et ces

DA. [1] **M. de Saussure** dit : non pas de Tubingue; nous ajouterons : pas même du Grimsel. Plusieurs de mes amis glacialistes se souviennent bien certainement du professeur **** qui a abordé le glacier de l'Aar les yeux couverts par un foulard, soutenu par deux guides : il cheminait tremblant. Arrivé au haut du talus terminal, le bandeau détaché, il a battu en retraite et est rentré au gîte.

forêts accompagnent le glacier jusqu'à sa cime, qui se confond avec le ciel.

Le lieu où l'on jouit de ce spectacle est extrêmement sauvage depuis que les glaces ont beaucoup diminué : ce sont des amas de sable et de blocs *déposés par le glacier*, on n'y voit aucune verdure; mais il y a sept ou huit ans que le glacier, descendant beaucoup plus bas, cette voûte se trouvait auprès d'une forêt de mélèzes dont le fond était un beau sable blanc relevé par des touffes des belles fleurs rouges de l'*epilolium* n° 1001 de **Haller**, par les fleurs étoilées du *sempervivum arachnoideum* et par celles de la *saxifraga autumnalis*.

S. 621. On a quelquefois la curiosité d'entrer dans cette caverne, et on peut en effet s'y enfoncer assez avant lorsqu'elle est large et que l'Arveiron ne la remplit pas entièrement; mais c'est toujours une témérité, parce qu'il se détache fréquemment de grands fragments de sa voûte. Lorsque nous fûmes la visiter en 1778 nous remarquâmes dans l'arche qui formait l'entrée de la voûte une grande crevasse presqu'horizontale, coupée à ses extrémités par des fentes verticales : il était aisé de présumer que toute cette pièce se détacherait bientôt; effectivement on entendit dans la nuit un bruit semblable à un coup de tonnerre. Cette pièce qui formait la clef de la voûte était tombée et avait entraînée par sa chûte celle de toute la partie extérieure de l'arche; cet amas de glace suspendit pendant quelques moments le cours de l'Arveiron : ses eaux s'accumulèrent dans le fond de la caverne, et rompant ensuite tout à coup cette digue, elles entraînèrent avec violence tous ces grands blocs de glace, les brisèrent contre les rochers dont est parsemé le lit du torrent et en charrièrent des fragments à de grandes distances. Nous vîmes le lendemain avec une espèce d'effroi la place où nous nous étions arrêtés la veille couverte de grands quartiers de ces glaces.

Il est dangereux d'y entrer.

S. 622. C'est ainsi que cette voûte se détruit et c'est ainsi qu'elle se forme. En hiver il n'y en a point du tout; *l'Arveiron, alors très-petit*, sort en rampant de dessous la glace qui descend en talus jusqu'au niveau du terrain; mais lorsque les chaleurs enflent les eaux de ce torrent et facilitent la désunion des parties de la glace, il ronge par les côtés les glaces qui gênent sa sortie; alors celles du milieu, n'étant plus soutenues, tombent dans l'eau qui les entraîne, et il s'en détache ainsi successivement des morceaux jusqu'à ce que la partie supérieure ait pris la forme d'une voûte dont les parties se soutiennent mutuellement. Cette voûte change d'un jour à l'autre, quel-

Comment cette voûte se forme.

quefois elle s'écroule en entier, mais il s'en reforme bientôt une nouvelle.

On demandera peut-être pourquoi ce glacier est le seul[1] qui soit terminé par une arche de glace de cette grandeur et de cette beauté : c'est qu'il est le seul, du moins à moi connu, qui ait à son extrémité inférieure des glaces d'une aussi grande épaisseur et d'une telle consistance, qui se termine sur un plan horizontal et dont il sorte un torrent aussi considérable; car il faut toutes ces conditions réunies pour produire une belle arche. En effet, si, par exemple, le glacier vient se terminer sur un plan fort incliné comme cela arrive très-souvent, le moindre mouvement du glacier culbute les glaçons et ne laisse pas à la voûte le temps de se former; s'il ne sort que peu d'eau du glacier, la voûte est nécessairement étroite et basse à proportion, parce que c'est la largeur du torrent qui détermine celle de la voûte, et par cela même sa hauteur; si enfin sa glace est mince ou fragile la voûte ne peut avoir ni grandeur ni solidité.

Le glacier paraît avoir reculé (diminué).

S. 623. Cette voûte de glace n'est point toujours également belle ni également grande; elle n'est pas non plus constamment à la même place, parce que le glacier s'avance quelquefois dans la vallée et d'autres fois se retire[2]. Les fragments de granit qu'il a déposés témoignent qu'il descendait autrefois de ce côté-là beaucoup plus bas qu'il ne fait aujourd'hui. On voit aussi à l'Ouest du glacier une colline calcaire que je décrirai dans la suite, *jusqu'au sommet de laquelle on trouve des blocs de granit arrondis, parfaitement semblables à ceux que le glacier charrie actuellement, et qui prouvent que le* **glacier s'est une fois élevé jusqu'à la hauteur de cette colline.** Il paraît même que cette montagne fut un obstacle qui arrêta les progrès du glacier de ce côté-là, car plus au NO, là où finit cette barrière, on trouve des vestiges du glacier beaucoup plus en avant dans la vallée. C'est une observation que j'ai faite dans mon dernier voyage en 1784, et qui m'avait échappé dans tous les autres. Sur la route du Prieuré à Argentière, un peu avant d'arriver à la chapelle des Tines, je remarquai près du chemin une portion d'enceinte formée par un entassement de blocs de granit arrondis; j'examinai attentivement la nature et la situation de cette enceinte et je reconnus de la manière

DA. [1] Les glaciers de l'Aar inférieure, de l'Ober-Aar, du Rhône, ceux du Grindelwald, et généralement tous les grands glaciers dont le terminus est à faible pente, ont de belles voûtes à la sortie du torrent.

DA. [2] Les glaciers ne se retirent pas, ils diminuent par fusion, ablation.

la plus indubitable que c'était une **ancienne limite du glacier des Bois qui s'était autrefois avancé jusque-là.** Je mesurai en droite ligne la distance à laquelle il se tient actuellement de cette limite, et je trouvai 500 de mes pas, ce qui fait 13 à 1400 pieds (420 à 455^{m}). On ne se souvient point à Chamounix d'avoir vu là le glacier; les mélèzes qui y ont crû prouvent par leur air de vétusté qu'il y a bien longtemps que le glacier a abandonné cette place, de même que leur triste et maigre figure indique la stérilité connue des terrains qui ont été occupés par les glaces. Les grands blocs de granit parsemés et renfermés dans l'intérieur de cette enceinte sans qu'on en voie aucun au dehors, et leur ressemblance avec ceux qui sont actuellement au pied du glacier, **démontrent que c'est lui qui les a déposés**[1]. Si donc on trouve des exemples de l'accroissement des glaciers, en voici un bien frappant de leur diminution, et nous en verrons bien d'autres dans le cours de ces voyages.

Anciennes limites des glaciers.

S. 624. Ceux qui ne se sentiront pas les forces nécessaires pour gravir jusqu'au haut de quelque glacier pourront vérifier au pied de celui-ci plusieurs des principes que j'ai posés sur leur formation. Ils verront que leur glace est d'une espèce particulière remplie de petites bulles semblables en tout à de la neige qui s'est gelée après avoir été imbibée d'eau. Ils verront qu'elle est ici en grandes masses sans aucun vestige de couches, là divisée par couches très-épaisses; ils verront que sa structure n'indique point une formation lente par une apposition successive de lames ou de petits feuillets; *ils trouveront la preuve de son mouvement progressif dans les blocs de pierre qu'elle charrie, pierres qui ne sont point de la nature de celles des montagnes qui bordent le bas du glacier, mais des granits qui ne se trouvent que dans les hautes cimes qui dominent ces parties les plus élevées;* on a même **constaté par des alignements** la réalité de ce mouvement progressif. Ils comprendront enfin que c'est le renouvellement de ces glaces pro-

On peut vérifier ici plusieurs points de la théorie des glaciers.

Mouvement des glaciers constaté par des alignements.

DA. [1] En 1815, **J. P. Perraudin** dit à **M. de Charpentier** : « Les glaciers de nos montagnes ont eu jadis une bien plus grande extension qu'aujourd'hui. Toute notre vallée, jusqu'à une grande hauteur au-dessous de la Drance (torrent de la vallée), a été occupée par un vaste glacier qui se prolongeait jusqu'à Martigny, comme le prouvent les blocs de roches qu'on trouve dans les environs de cette ville et qui sont trop gros pour que l'eau ait pu les y amener. » (Voyez *Phénomènes erratiques*, T. III, p. 1.) — Ce simple montagnard, en homme de bon sens, a établi la théorie du transport des matériaux erratiques par les anciens glaciers. **M. de Saussure** signale les mêmes faits et conclut néanmoins : que le terrain erratique et les gros blocs sur le Jura ont été transportés par des courants d'eau monstres.

duit par le mouvement progressif qui perpétue leur existence dans le fond d'une vallée assez chaude pour entretenir la plus belle végétation.

Réflexion géologique. S. 625. Les blocs de pierre dont est chargé le bas de ce glacier invitent à une réflexion assez importante. Lorsque l'on considère leur nombre et que l'on pense qu'ils se déposent et s'accumulent à cette extrémité du glacier à mesure que ses glaces se fondent, on est étonné qu'il n'y en ait pas des amas beaucoup plus considérables. Et cette observation, d'accord en cela avec beaucoup d'autres que je développerai successivement, donne lieu à croire, comme le fait **M. de Luc**, que l'état actuel de notre globe n'est point aussi ancien que quelques philosophes l'ont imaginé.

Sable aurifère. S. 626. Mais ce glacier ne charrie pas seulement des pierres. Le sable de l'Arveiron qui en sort contient de *l'or*, et même quelquefois en assez grande quantité. J'en avais ramassé en 1761 dans une de ces petites anses où la nature, par une opération semblable à celle du lavage des mines, rassemble les parties les plus pesantes et les plus riches. Quelque temps après mon retour un orfèvre, qui avait établi sur le Rhône des moulins à lavures, vint me dire que ses moulins n'étant pas tous occupés, il désirerait trouver un sable qu'il pût passer dans ses moulins avec quelque espérance de profit. Je lui parlai de celui de l'Arveiron et lui donnai l'échantillon que j'en avais rapporté. Au bout de deux ou de trois jours cet homme revint avec une émotion qui lui laissait à peine la liberté de parler; il me dit qu'il venait de faire l'essai de ce sable et que, si je pouvais lui indiquer exactement le lieu où je l'avais pris et lui en faire avoir une certaine quantité, il y aurait de l'or pour lui, pour moi et pour tous ceux qui en voudraient. Je lui donnai tous les renseignements nécessaires; il alla sur-le-champ, en chargea plusieurs mulets, le passa à ses moulins, mais n'en retira pas même ses frais. L'or était distribué dans ce sable avec une extrême inégalité; quelquefois on en trouvait assez dans une petite portion, d'autres fois un sac entier n'en donnait qu'une quantité imperceptible. J'en ai moi-même ramassé depuis dans les mêmes endroits où j'avais trouvé celui qui avait donné de si grandes espérances : j'en fis l'essai suivant les règles de l'art, et j'obtins sur une demi-once de sable un bouton d'or pâle allié d'argent, mais si petit que la balance la plus mobile ne pouvait pas en apprécier le poids. Il est vraisemblable que cet or est entraîné par des avalanches ou par des torrents qui se jettent dans le glacier et dont la

chûte n'étant point régulière, ne saurait donner constamment la même quantité.

S. 627. Le 15 juillet 1778 nous étions venus, **M. Trembley, M. Picquet** et moi, coucher au Montanvert afin de pouvoir partir le lendemain au point du jour et pénétrer jusqu'au fond de la vallée de glace. Château du Montanvert.

Mais où couche-t-on sur le Montanvert? On y couche dans un *château*, car c'est ainsi que les Chamouniards, nation gaie et railleuse, nomment par dérision la chétive retraite du berger qui garde les troupeaux de cette montagne. Un grand bloc de granit, **porté là anciennement par le glacier** ou par quelque révolution plus ancienne, est assis sur une de ses faces, tandis qu'une autre face se relève en faisant un angle aigu avec le terrain, et laisse ainsi un espace vide au-dessous d'elle. Le berger industrieux a pris la face saillante de ce granit pour le toit et le plafond de son château, la terre pour son parquet; il s'est préservé des vents coulis en entourant cet abri d'un mur de pierres sèches, et il a laissé dans la partie la plus élevée un vide où il a placé une porte haute de quarante pouces et large de seize. Quant aux fenêtres il n'en a pas eu besoin, non plus que de cheminées; le jour entre et la fumée sort par les vides que laissent entre elles les pierres de la muraille. Voilà donc l'intérieur de sa demeure : cet espace angulaire, renfermé entre le bloc de granit, la terre et la muraille, forme la cuisine, la chambre à coucher, le cellier, la laiterie, en un mot tout le domicile du berger de Montanvert.

S. 629. En rentrant sur le terrain je vois que les montagnes que nous côtoyions et qui dependent de l'aiguille des Charmoz ne sont plus des roches feuilletées, ni des granits veinés, mais des granits en masse. La grandeur et *le poli de leurs faces*, les arêtes vives et tranchantes qui couronnent leurs cîmes annoncent de loin leur nature, et le marteau qui les sonde prouve la justesse de ces indices. Leur structure ne paraît pas d'abord bien distincte, mais à mesure qu'on avance on voit les grandes tables dont ils sont composés devenir plus régulières, approcher d'avantage du parallélisme et se diriger transversalement à la vallée pour courir à peu près du NE au SO. Commencement des granits en masse.

S. 630. Enfin, le glacier devenant plus traitable, nous y rentrons une heure et demie après notre départ de Montanvert. Ici cependant nous rencontrons une difficulté nouvelle. Il était tombé la veille de la pluie dont les gouttes se sont gelées en tombant sur le glacier et ont formé à sa surface, ordinairement raboteuse, un verglas extrêmement Route sur le glacier.

glissant; mais nous armons nos pieds de crampons qui assurent nos pas et nous permettent d'accélérer notre marche. Nous trouvons bien çà et là quelques crevasses un peu larges à franchir, quelques pentes un peu rapides à traverser le long de ces abîmes, mais cependant nous avançons toujours en nous dirigeant à ESE pour traverser obliquement le glacier en le remontant. Nous remarquons chemin faisant de grands amas de grains de grêle accumulés dans les enfoncements de la glace.

Moraines. Après une bonne demi-heure de marche sur le glacier nous traversons une arête de glace chargée de terre, de sable et de débris de rocher. J'ai parlé dans le premier volume de ces arêtes parallèles à la longueur des glaciers que l'on voit souvent dans le milieu de leur largeur ou à des distances plus ou moins grandes de leurs bords. J'ai fait voir qu'elles sont produites par des débris qui, du haut des montagnes, roulent sur le glacier, et qui, entraînés par la glace sur laquelle ils reposent, suivent comme elle une direction oblique en descendant tout à la fois vers le milieu et vers le bas de la vallée.

La glace sous ces arêtes est beaucoup plus élevée que dans leurs intervalles, parce que ces débris accumulés sur elle la préservent de l'action du soleil et l'empêchent de se réduire en eau. On voit même en bien des endroits de grands fragments de rocher soutenus à 4 ou 5 pieds au-dessus du niveau du glacier par des piédestaux de neige ou de glace qu'ils ont empêchés de se fondre. Mais au contraire les petits débris isolés sur la glace accélèrent sa fusion et *s'enfoncent au-dessous de son niveau.* La raison de cette différence est fort simple : la surface supérieure d'une pierre s'échauffe plus au soleil que la glace, à cause de sa couleur et de sa densité; si donc une pierre est mince, la chaleur que lui donne le soleil la traverse et *fait fondre la glace* sur laquelle elle repose; mais si la pierre est épaisse, la chaleur ne passe point au travers, sa surface inférieure demeure froide et *préserve même la glace qu'elle couvre.*[1]

Dix minutes après nous traversâmes une seconde arête plus haute que la première, et nous jugeâmes que sous ces débris la glace était de 20 ou 25 pieds (7 à 8^{m}) plus élevée que dans les endroits où l'air et les rayons du soleil agissent librement sur elle. On rencontre une troisième arête à vingt minutes de la seconde, et la quatrième, qui est la dernière, la suit de très-près.

DA. [1] Les roches supportées par des piédestaux de glace, nous les appelons *tables de glacier,* et nous expliquons leur formation comme le fait **M. de Saussure.**

S. 630. On nomme le plan d'un glacier la partie élevée et à peu près horizontale dans laquelle on peut le traverser. Le plan du glacier.

S. 638. En approchant des bords occidentaux de cette grande vallée de glace par une route un peu différente de celle que nous avons prise en allant, nous passons sur de grandes *avalanches de neige* tombées au printemps dernier du haut des montagnes qui bordent le glacier. Ces neiges ont déjà une consistance qui approche de celle de la glace; elles sont divisées comme celles du glacier par de grandes crevasses, elles s'imbibent d'eau à mesure que le soleil fait fondre leur surface, et l'hiver prochain ces neiges saturées d'eau deviendront en se gelant des glaces parfaitement semblables à celles du reste du glacier.[1] Avalanche de neige.

S. 538. Les glaciers mettent aussi en mouvement et chassent devant eux les terres et les pierres accumulées devant les glaces à leur extrémité inférieure. Je vis ce phénomène en 1764 de la manière la plus évidente, et j'eus en même temps la preuve que ce **mouvement avait lieu même dans une saison qui est encore l'hiver pour ces montagnes.** Comme le glacier et tous ses alentours étaient en entier couverts de neige lorsqu'il poussait en avant les terres accumulées devant ses glaçons, ces terres en s'éboulant se renversaient par-dessus la neige et mettaient en évidence les plus petits mouvements du glacier, qui se continuèrent sous mes yeux pendant tout le temps que je passais à l'observer. Terres et pierres chassées par les glaciers.

Mais c'est en été qu'on voit les plus grands effets de cette pression des glaces contre les corps qui s'opposent à leur descente. En voici un exemple. Au mois de juillet 1761 je passai avec mon guide *Pierre Simon* sous un glacier très-élevé qui est au couchant de celui des Pèlerins; j'observais un bloc de granit de forme à peu près cubique et de plus de 40 pieds (13^{m}) en tous sens, assis sur des débris au pied du glacier *et déposé dans cet endroit par ce même glacier :* hâtons-nous, me dit Pierre Simon, parce que les glaces qui s'appuient contre ce rocher pourraient bien le pousser et le faire rouler sur nous. A peine l'avions-nous dépassé qu'il commença à s'ébranler; il glissa d'abord assez lentement sur les débris qui lui servaient de base, puis il s'abattit sur sa face antérieure, puis sur une autre; peu à peu il se mit à rouler et la pente devenant plus rapide, il commença à faire des bonds d'abord petits et bientôt immenses : on voyait à chaque bond Avalanche de pierres.

DA. [1] Ces neiges ou nevés tombés en avalanches sur le dos du glacier ne se transforment pas en glacier en s'ajoutant à sa surface.

jaillir des éclats et du bloc même et des rochers sur lesquels il tombait; ces éclats roulaient après lui sur la pente de la montagne, et il se forma ainsi un torrent de rochers grands et petits qui allèrent fracasser la tête d'une forêt dans laquelle ils s'arrêtèrent après avoir fait en peu de moments un chemin de près d'une demi-lieue avec un bruit et un ravage étonnants.

Équilibre entre les causes génératrices et les causes destructrices.

S. 539. Les glaciers, contenus dans de justes limites par la chaleur extérieure et intérieure et par la pente de leurs lits qui les entraîne dans les basses vallées, fournissent donc une nouvelle preuve de ces proportions admirables que la nature a établies entre les *forces génératrices et les forces destructrices*, partout où elle a voulu entretenir une certaine uniformité.

Car les deux dernières de ces causes qui tendent à détruire les glaces agissent avec une énergie d'autant plus grande que ces mêmes glaces sont plus accumulées. Plus leur masse s'augmente, plus aussi la pression de leur pesanteur les sollicite à descendre dans les basses vallées et dans les précipices où elles sont nécessairement dissoutes. Et en même temps plus leur épaisseur est grande, plus les froids extérieurs ont de peine à les pénétrer, et plus la chaleur intérieure de la terre a de force pour les résoudre.[1]

Les habitants des Alpes croient que les glaces s'augmentent.

S. 540. L'opinion générale des habitants des Alpes est pourtant que les glaciers vont en augmentant, plutôt à la vérité en étendue qu'en hauteur ou en épaisseur.[2]

Formation de nouveaux glaciers.

Premièrement il est vrai qu'il se forme de temps à autre de nouveaux glaciers dans des places où l'on ne se souvenait pas d'en avoir vu auparavant. Si à la fin d'un hiver abondant en neiges une grande avalanche s'arrête dans un endroit que sa hauteur ou sa situation tient à l'abri des vents du Midi et de l'ardeur du soleil, que l'été suivant ne soit pas bien chaud, toute cette neige n'aura pas le temps de se fondre, sa partie inférieure[3] imbibée d'eau se convertira en glace; l'on verra des neiges permanentes et même des glaces dans un endroit où il n'y en avait point auparavant. L'hiver suivant de nouvelles neiges s'arrêteront dans cette même place, et leur masse augmentée résistera encore mieux que la première fois aux chaleurs de l'été. Si

DA. [1] Les surfaces du sol qui supportent les glaciers ont très-peu d'action sur la fusion de la glace qui les touche.

DA. [2] Voyez, dans nos Matériaux, les citations d'augmentation des glaciers.

DA. [3] Dans les Alpes, à une altitude de plus de 2600^{m}, limite des neiges temporaires plus ou moins persistantes, la partie inférieure imbibée d'eau *se convertira en glace*.

donc on a quelques étés consécutifs qui ne soient pas bien chauds et qui succèdent à des hivers abondants en neiges, il se formera des glaciers dans des places où l'on ne se souvenait pas d'en avoir vu.[1]

Extension des anciens glaciers. — Limites de ses accroissements.

Les mêmes causes peuvent augmenter les anciens glaciers[2], et ainsi la somme totale des glaces peut s'accroître jusqu'à ce qu'il y ait plusieurs années de suite où il tombe peu de neige en hiver, et où les chaleurs soutenues pendant l'été fondent les nouveaux glaciers et réduisent les anciens dans leurs justes bornes.

Périodes d'accroissements et de décroissements.

Ce sont vraisemblablement de semblables alternatives qui ont accrédité un préjugé presque universellement répandu parmi les habitants des Alpes : qu'il y a des périodes régulières dans l'accroissement et le décroissement des glaciers ; ils disent que pendant sept ans les glaciers croissent et qu'ils décroissent pendant sept autres années[3] ; en sorte que ce n'est qu'au bout de quatorze ans qu'on les voit revenir précisément à la même mesure.

L'existence des périodes est un fait certain, leur régularité seule est imaginaire ; mais, comme on sait, la régularité plaît aux hommes, elle semble leur assujettir les événements, et ce nombre mystérieux de deux fois sept années, assez grand pour que le souvenir de l'état précis des choses se soit effacé de la mémoire de ces bonnes gens qui ne tiennent aucun registre, a pu facilement trouver créance dans leurs esprits.

Terrains rendus stériles par les glaciers.

Dans toutes ces alternatives les terrains une fois envahis par les glaces perdent leur terre végétale que les eaux des glaciers entraînent, et ils se couvrent de débris de rochers qui les rendent inutiles, même après la fonte et la retraite des glaces : ainsi plusieurs habitants des Alpes pourraient dire que les glaces les ont dépouillés de leurs héritages, sans que cela prouvât que la masse totale des glaciers s'augmente continuellement.

Considérations ultérieures sur l'accroissement des glaciers.

S. 541. Sans prétendre donc nier ni l'existence de quelques nouveaux glaciers, ni l'augmentation d'étendue de quelques-uns des anciens, j'aurais penché à croire que dans la totalité il ne se fait pas de grands changements.

DA. [1] Parfaitement observé.

DA. [2] Les neiges qui couvrent les glaciers les protègent de l'ablation, mais ne s'ajoutent jamais sous forme de nevé imbibé d'eau gelée à leur surface d'une manière régulière. Accidentellement cela arrive.

DA. [3] **Gruner** a parlé de ce préjugé ; **de Saussure** l'a répété. Nos guides de l'Oberland ne font jamais mention de ce nombre mystérieux de sept.

Observations qui prouvent leur augmentation dans certaines places.

Cependant les observations que **M. Gruner** a rassemblées dans son ouvrage paraissent démontrer qu'il existe en Suisse des glaciers permanents, les uns de nouvelle formation, d'autres qui sont l'extension d'anciens glaciers et qui occupent des places qui étaient anciennement couvertes ou de forêts ou de prairies. J'ai vu moi-même en divers lieux de *petits glaciers de formation nouvelle*; j'ai observé (S. 514) que le glacier de Taconey avait pris un accroissement sensible depuis mon premier voyage en 1760 jusqu'au dernier en 1778.

Observations qui prouvent leur diminution dans d'autres localités.

Mais d'un autre côté **M. Gruner** reconnaît lui-même que le glacier du Grindelwald était dans le moment où il publiait son ouvrage, en 1760, beaucoup plus petit qu'il n'a été depuis plusieurs siècles. De même le grand glacier des Bois, dans la vallée de Chamounix, a eu indubitablement ses glaces anciennement plus hautes et plus étendues qu'elles ne le sont aujourd'hui; car au-dessous de Montanvert ces glaces sont de 40 ou 50 pieds (13 à 17^{m}) plus basses que cet amas de débris qui borde le glacier et que l'on nomme *la moraine* (S. 536). Elles doivent pourtant avoir été de niveau avec ces débris et même plus élevées, puisque ce sont elles qui les ont transportés et accumulés dans cette place; ce ne sont point des fragments détachés de la montagne même de Montanvert, mais des granits en masse dont on ne voit des montagnes de la même roche qu'au haut de la vallée de glace; et au bas du même glacier, au NO de la sortie de l'Arveiron, on voit jusque sur un grand rocher calcaire, dont je donnerai la description, des blocs de granit *déposés anciennement par le glacier* qui est aujourd'hui fort en arrière de ce rocher.

La question demeure indécise.

Il est donc impossible qu'il y ait des compensations et que les glaces perdent en certains endroits ce qu'elles gagnent en d'autres, ou que les périodes de leurs accroissements et de leurs décroissements soient beaucoup plus longues qu'on ne l'imagine.

Ce ne sera qu'après avoir rassemblé beaucoup de faits et les avoir comparés avec une grande exactitude pendant une longue suite d'années que l'on pourra décider avec certitude si la masse totale des glaces augmente, diminue ou demeure constamment la même.

Un glacier qui a diminué.

S. 863. Entre les châlets du Pré-de-Bar (en aval du Col-Ferret) et le beau glacier du Mont-Dolent est une colline beaucoup plus élevée que le pied de ce glacier, et qui en est séparée par une profonde vallée. Cependant cette colline est couverte de blocs de granit qui n'appartiennent point au fond du terrain dont la nature est toute différente, mais qui ressemblent parfaitement à ceux que charrie actuellement le

glacier et *qu'il a, par conséquent, anciennement déposé dans cette vallée.* Or, pour que le glacier ait pu les porter là, il faut que ces glaces aient été autrefois de 200 pieds (65^{m}) au moins plus hautes et plus épaisses qu'elles ne le sont aujourd'hui, d'autant mieux que les débris qu'il accumule dans la vallée tendent à hausser le sol de cette même vallée, d'où il suit que la différence a dû être alors plus grande encore qu'elle n'est aujourd'hui.

S. 864. Le glacier du Triolet paraît au contraire s'augmenter. Le berger qui gouverne ces châlets dit que, depuis huit ans qu'il vient là, il lui voit faire des progrès sensibles. Je ne doute pas que ces progrès ne *soient l'effet de la quantité de décombres qui le couvrent et qui préservent ces glaces de l'action de l'air et du soleil;* car j'ai observé ailleurs (S. 630) que dans un seul et même glacier les glaces *sont toujours beaucoup plus élevées sous les amas de débris,* et même sous une seule pierre, que dans les endroits où l'air et le soleil agissent librement sur elles. C'est donc là une nouvelle cause de l'accroissement accidentel de certains glaciers dont je n'ai point fait mention lorsque j'ai examiné la question de ces accroissements (S. 540 et 541).[1] Un autre glacier qui augmente.

S. 538. Le mouvement progressif des glaces vers le bas des vallées se fait apercevoir par beaucoup d'autres phénomènes. Phénomènes produits par la descente des glaces.

Souvent on voit de grandes crevasses se former en assez peu de temps, parce que les glaces rongées par les eaux qui coulent au-dessous d'elles ou inégalement appuyées sur le lit irrégulièrement incliné qui leur sert de bas, descendent et laissent en arrière celles qui les suivent. Crevasses.

D'autres fois on voit ces mêmes crevasses se former tout à coup et avec un grand bruit par la descente ou plutôt par la chûte des glaçons supérieurs qui viennent s'appuyer sur ceux qui les précèdent.

Lorsqu'un glacier vient se terminer sur le bord d'un roc escarpé, comme cela se voit très-fréquemment, les glaçons qui sont au bord de ce roc, pressés par le poids de ceux qui les suivent, sont poussés dans le précipice; la matière fragile de ces masses glacées tombant sur les roches plus dures encore se brise avec un fracas terrible, supérieur quelquefois à celui du tonnerre; les *glaces pulvérisées par la violence du choc* s'élèvent en tourbillon de poussière glacée à une grande hauteur, et la partie la plus grossière coule comme un torrent ou comme une avalanche de neige jusqu'au bas de la montagne. Chûtes de glace.

DA. [1] Parfaitement observé.

Glacier du Rhône.

S. 1718. Le glacier qui porte le nom du Rhône est sinon le plus grand, du moins l'un des plus beaux de nos Alpes. Du haut d'une montagne couronnée par des rocs sourcilleux ce glacier descend, hérissé de pyramides de glaces variées par leur grandeur et par leurs formes; il se resserre ensuite pour passer entre deux rochers, après quoi il s'élargit de nouveau en éventail et vient former un immense segment de sphère, du sommet duquel partent, comme d'un centre, de profondes crevasses couleur d'aigue-marine, qui aboutissent à sa circonférence. Au bas de ce segment s'ouvrent deux arches, aussi de glace, d'où sortent avec impétuosité deux torrents qui, après s'être réunis, viennent porter à la source du Rhône le premier tribut qu'elle reçoive.

Le glacier du Rhône a rétrogradé.

S. 1722. Avant de terminer ce chapitre, je dois consigner ici une observation qu'a faite **M. Besson** sur les glaciers du Rhône, et qui m'avait échappé. J'ai souvent parlé des cailloux et des rochers que les glaciers charrient, qu'ils déposent ensuite sur leurs bords et à leur extrémité, et qui forment ainsi des *espèces d'enceintes*[1] *qui marquent les limites que les glaciers ont atteintes.* **M. Besson** observa en 1777 au bas du glacier du Rhône trois de ces enceintes, dont l'une était à 34 toises (66^{m}) de l'extrémité actuelle du glacier, l'autre à 85 toises (165^{m}), et la quatrième à 120 toises (234^{m}). Il suit de là qu'à trois époques différentes le glacier a reculé et qu'il était alors diminué de 120 toises (234^{m}). Les bergers assurèrent même à **M. Besson** que depuis vingt ans il reculait continuellement. Cette observation et ce rapport viennent à l'appui de ce que j'ai dit ailleurs: c'est que s'il y a des endroits où les *glaciers s'avancent*, il y en a d'autres où ils *rétrogradent.*

S. [1] **M. Besson** nomme ces enceintes *marrèmes*, mais il aura mal entendu nos Savoyards : le mot est *moraines*. Cette expression n'est pas française, sans doute; mais elle est reçue dans toute la Suisse romande, la Savoie et le Lyonnais, où elle désigne une petite montagne ou la pente rapide d'une colline.

VI. Neige rouge.

Terre rouge de la neige (neige rouge).

S. 646. Lorsque je montai pour la première fois sur le Bréven, en 1760, ces pentes étaient encore couvertes de neige en différents endroits. Je fus très-étonné de voir leur surface teinte par places d'un rouge extrêmement vif. Cette couleur avait la plus grande vivacité dans le milieu des espaces dont le centre était plus abaissé que les bords, ou au concours de divers plans inclinés couverts de neige. Quand j'examinais de près cette neige rouge je voyais que sa couleur dépendait d'une poudre fine mêlée avec elle, et qui pénétrait jusqu'à deux ou trois pouces de profondeur, mais pas plus avant. Cette poudre ne paraissait point être descendue ou coulée du haut de la montagne, puisqu'on en trouvait dans des endroits séparés et même éloignés des rochers; elle ne semblait pas non plus avoir été jetée par les vents, puisqu'on ne la voyait point semée par jets: on aurait dit qu'elle était une production de la neige même, un résidu de sa fonte qui restait attaché à sa surface comme sur un tamis lorsque les eaux produites par sa liquéfaction la pénétraient et descendaient plus bas; et ce qui suggérait d'abord cette opinion, c'est que l'on voyait cette couleur, extrêmement faible sur les bords des espaces concaves, devenir par gradations plus vive en approchant des fonds où l'écoulement des eaux avait entraîné une plus grande quantité de résidu.

Je remplis de cette neige un verre à boire, le seul vase que j'eusse alors à ma portée; je le portai à ma main jusqu'à ce que la neige fût fondue: la poudre rouge s'affaissa au fond du verre; sa couleur ne parût plus alors si brillante, elle la perdit même en entier quand elle fut parfaitement sèche, et sa quantité se trouva réduite presqu'à rien.

L'année suivante je retournai au Bréven, j'y trouvai la même quantité de cette neige rouge; j'en remplis un grand mouchoir de toile très-serré que j'y avais porté dans cette vue; mais malheureusement, comme je le laissai exposé au soleil pour que la neige se fondît, on me le vola.

Ce n'est pas sur le Bréven seul que j'ai vu cette neige rouge; j'en ai trouvé sur toutes les hautes montagnes, au moins dans la même saison et dans des positions semblables, en sorte que j'ai été très-étonné que ceux qui ont traité des Alpes, comme **Scheuchzer**, n'en eussent fait aucune mention. Il est vrai qu'on ne la trouve qu'au milieu de grands espaces couverts de neige et dans une certaine période de la fonte des neiges, car lorsqu'il ne s'en est pas beaucoup fondu, la quantité du résidu est très-petite; lorsqu'au contraire la fonte est très-avancée, les fonds dans lesquels ce résidu se rassemble sont percés par les eaux et l'on n'y trouve plus rien. D'ailleurs, sur la fin de la fonte il s'y mêle des terres étrangères et des saletés charriées par les vents qui la cachent et qui altèrent sa couleur.

Neige rouge. Il y en avait beaucoup sur le Saint-Bernard lorsque j'y fus en 1778; j'en ramassai le plus qu'il me fut possible, et **M. Murrith**, l'un des chanoines, très-versé dans l'histoire naturelle, que j'aurai souvent l'occasion de nommer dans ces voyages, eut la complaisance de m'en rassembler assez pour servir à quelques essais que je vais rapporter.

L'apparence terreuse de cette poussière et sa pesanteur spécifique plus grande que celle de l'eau me persuadèrent que c'était une véritable terre: je la traitai donc comme telle avec les acides. Je commençai par le vinaigre distillé. Cet acide, digéré à froid sur 72 grains de cette poussière, ne se chargea que d'une quantité de terre si petite qu'il ne fut pas possible de l'apprécier. Je la fis alors bouillir dans deux onces d'esprit de sel[1]. La décoction, étendue dans l'eau distillée et filtrée avec soin, se trouva d'un brun si foncé qu'il me donna des doutes sur la nature de cette substance; je l'essayai alors au chalumeau, essai par lequel il faudrait toujours commencer les analyses de ce genre, et je vis qu'elle s'y enflammait en répandant une odeur d'herbe brûlée.

Cet essai me fit voir qu'il fallait diriger autrement mes expériences; je mis en digestion dans l'esprit de vin 40 grains de cette poudre, telle que je l'avais reçue de **M. Murrith**; je filtrai la solution et le résidu se trouva diminué de 7 grains. La teinture spiritueuse était d'un beau jaune doré; je la distillai au bain-marie, l'esprit de vin[2] passa sans que sa couleur et son odeur eussent reçu aucune altération sensible,

DA. [1] Acide muriatique (chlorhydrique).
DA. [2] Alcool.

et il resta au fond de la cornue une matière huileuse d'un brun doré, transparente, qui refusa de se dessécher à la chaleur du bain-marie. Cette matière huileuse avait une odeur analogue à celle de la cire, et exhalait aussi en se brûlant une odeur semblable à celle que donne cette substance. Le résidu que l'esprit de vin n'avait pas pu dissoudre était encore combustible à raison de la partie extractive qu'il contenait. La cendre qui restait après sa combustion ne paraissait pas sensiblement alcaline et se fondait au chalumeau en un verre poreux tirant sur le vert.

Ces épreuves semblent prouver que cette poudre est une matière végétale et vraisemblablement une poussière d'étamines. Il est bien vrai que je ne connais aucune plante de la Suisse dont les fleurs donnent une poussière rouge et qui soit assez abondante pour correspondre à l'universalité de cette poussière sur les neiges des hautes Alpes; surtout si l'on considère la quantité qui doit s'en perdre avant d'y parvenir. Mais peut-être est-ce le soleil qui lui donne cette couleur, et quant à son poids, il est bien naturel qu'un long séjour à la surface de la neige fondante la pénètre d'humidité, au point de la rendre assez dense pour s'affaisser au fond de l'eau.

Lorsque je communiquai ces recherches au grand naturaliste qui fait la gloire de Genève, il me conseilla d'observer cette poudre au microscope pour voir si l'on n'y reconnaîtrait point la forme des poussières des étamines; je fis cette observation avec le plus grand soin et à l'aide des meilleures lentilles; mais je ne pus apercevoir aucune régularité dans les formes.

J'ai déjà dit que j'ai trouvé cette poudre répandue sur les neiges de différentes Alpes, et toujours avec la même couleur et toutes les mêmes apparences. Mais est-elle absolument universelle? Se trouve-t-elle sur les neiges élevées de pays et de climats très-différents? Sur les Cordillères par exemple? C'est ce qu'il serait bien intéressant de vérifier. Car enfin, quoiqu'il me paraisse bien probable que c'est une poussière d'étamines, il ne serait point encore impossible que ce ne fût une terre séparée de la neige même et imprégnée de matières inflammables par une combinaison immédiate de la lumière qui brille avec tant de vivacité dans l'air pur de ces hautes régions.

S. 765. En descendant du Bon-Homme au Chapiu on voit les sillons ramifiés sur la pente de la montagne remplis de neige et les intervalles couverts de gazon. Lorsque je passai là le 13 juillet 1774 Neige rouge

tous les enfoncements de ces neiges étaient couverts de la poudre rouge que j'ai décrite (S. 646). [1]

Neiges des grandes hauteurs exempte de poussière rouge. Neige rouge.

S. 2016. Avant de quitter ces neiges j'observerai que cette poussière rouge que j'ai trouvée en si grande quantité sur les neiges du Mont-Bréven et du Saint-Bernard, et qui m'a donnée des indices d'une nature semblable à celle de la cire, ne se voit nulle part à une hauteur supérieure à celle de la cabane (S. 1976), environ 1440 toises au-dessus de la mer. J'en trouvai plus bas que cette cabane en traversant le glacier; d'autres en avaient observé à de semblables hauteurs, mais point au-dessus. Les neiges du haut sont de la plus parfaite blancheur, et si dans quelques endroits on voit de la poussière à leur surface, c'est une poussière grise que les vents détachent des rocs du voisinage. Cette observation confirme ce que l'analyse avait indiqué: c'est que cette substance est une poussière d'étamines et non un résultat de la décomposition de l'eau ou de l'air comme quelques physiciens avaient été tentés de le conjecturer.

VII. Insectes.

Insectes.

S. 2249. En montant à la cîme du Breithorn (massif du Monte-Rosa) nous avions remarqué avec assez de surprise la quantité d'insectes que nous avions rencontrés sur notre route ou morts ou engourdis à la surface de la neige : diverses *phalènes,* diverses *mouches* ou *papillons,* mais surtout un grand nombre de *demoiselles*; la distance moyenne de ces insectes était de 2 pieds (0^{m},65), ce qui en donne 9 par toise carrée et 72,000 par lieue carrée de 2000 toises. — Mais ces insectes, charriés là malgré eux par le vent, engourdis, presque immobiles, n'arrivaient sur ces neiges que pour y mourir de faim

DA. [1] Dans de certaines années, les taches de neige dans le voisinage du Grimsel (1800^{m} alt.) sont couvertes de neige rouge. — On en trouve aussi dans les neiges qui couvrent le glacier de l'Aar.

et de soif. Nous en vîmes d'autres au contraire qui habitaient ou paraissaient du moins habiter par plaisir la neige qui s'était conservée par places sur la cîme du Breithorn (3902^{m} alt.).

Ces insectes sont noirs, brillants, très-petits et couverts sur le dos d'écailles pointues; ils sont pourvus d'entennes assez longues et recourbées en-dehors; ils sont souples, agiles et sautaient lorsqu'on voulait les prendre; je ne pensai pas à examiner en les décrivant si c'est à l'aide d'un ressort placé sous le ventre qu'ils exécutent ces sauts; mais d'après la réunion de tous les caractères que j'en ai rassemblés, il paraît qu'ils appartiennent au genre des *podures*. Cette espèce paraît là très-vive et très-bienportante. Comme cet insecte n'a point d'ailes, il faut qu'il naisse et meure sur ce rocher, et l'on ne voit là que des lichens qui puissent lui servir d'aliment, à moins qu'il ne se nourrisse de terre ou de neige, dont l'eau se décompose dans le corps; c'est du moins l'opinion de **M. Géofroi,** qui dit que les podures paraissent se nourrir de l'humidité de la terre.[1] Podures.

H. B. de SAUSSURE.

DA. [1] Ces insectes ont été *redécouverts* par **M. Desor** au Monte-Rosa. En 1842, **M. Nicollet** a décrit ceux du glacier inférieur de l'Aar et a reconnu qu'ils forment, avec plusieurs autres espèces terrestres, un genre particulier distinct des vrais podures, auquel il a conservé le nom de *Desoria saltans*, nom qu'on lui avait donné provisoirement au moment de la redécouverte.

MATÉRIAUX

POUR

L'ÉTUDE DES GLACIERS.

GLACIERS EN ACTIVITÉ DANS LES ALPES.[1]

Introduction.

C. Comme j'ai profité depuis vingt-cinq ans de toutes les occasions de m'instruire sur tout ce qui se rapporte aux neiges permanentes et que je me suis livré depuis onze ans à une étude suivie du terrain erratique, je me suis enhardi en automne 1839 à mettre la main à ce travail.

Comme c'est par la connaissance des *glaciers en activité seule* que l'on peut parvenir à comprendre le terrain erratique, j'ai divisé mon travail en deux parties : la première traite des glaciers en activité, et la seconde du terrain erratique. Les faits que je cite se rapportent presque exclusivement au bassin du Rhône (à partir du

[1] Extrait de : *Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône*, par **Jean de Charpentier**, directeur des mines du canton de Vaud et professeur honoraire de géologie à l'Académie de Lausanne; avec des vignettes, des planches et une carte du terrain erratique du bassin du Rhône; 1 vol. in 8°, 363 pages. Lausanne, imprimerie et librairie de **Marc Ducloux**, éditeur. 1841.

Zuletzt wollten zwei oder drei stille Gäste sogar einen Zeitraum grimmiger Kälte zu Hilfe rufen, um aus den höchsten Gebirgszügen, auf weit ins Land hingesenkten Gletschern, gleichsam Rutschwege für schwere Urfelsmassen bereitet, und diese auf glatter Bahn fern und ferner hinausgeschoben, um Seide sehn. Sie sollten sich bei eintretender Epoche des Aufthauens niedersenken und für ewig in fremden Boden liegen bleiben. »

Goethe. *Wilhelm Meisters Wanderjahre*; vol. II, chap. 10, édition de 1829.

Les paragraphes C (de Charpentier) portent les mêmes chiffres que ceux de l'ouvrage de l'auteur. Comme complément de ces extraits, voy. *Phénomènes erratiques dans les Alpes*, par le même auteur; vol. III de nos *Matériaux pour l'étude des Glaciers*. — Les observations, hypothèses, théories et conclusions imprimées en petits caractères n'ont été confirmées par nos recherches de 1844 à 1862.

Saint-Gothard jusqu'à Genève) et à la vallée de Chamounix. Je remercie en premier mon ami **M. Venetz** ; c'est en quelque sorte à lui que je dois de m'être livré d'une manière particulière à l'étude du terrain erratique, dans laquelle il m'a été d'un grand secours. De plus, **M. Venetz** est le premier qui a prouvé par des faits incontestables que les glaciers du Valais et des pays adjacents ont eu jadis un développement infiniment plus considérable qu'ils n'ont aujourd'hui. Il a fait connaître ces faits importants dans un écrit intitulé : *Mémoire sur la température dans les Alpes*, rédigé en 1821 et inséré dans les *Mémoires de la Société hélvétique des sciences naturelles*, vol. I, part. 2. Quelques années plus tard cet habile observateur fut amené par des recherches à l'opinion que tout le phénomène du terrain erratique trouvait son application dans l'existence ancienne d'immenses glaciers. — Quelques montagnards, il est vrai, avaient eu déjà avant **M. Venetz** la pensée que le transport des blocs erratiques de leurs vallées avait été opéré par des glaciers.

Le savant **Playfair** en 1815 et **le grand Gœthe** en 1829 attribuèrent aussi à des glaciers le transport des débris erratiques. Mais ni l'un ni l'autre n'ont développé leur opinion ni cherché à l'appuyer par des faits.

Je dois beaucoup de remercîments à mes amis **MM. Baup, Biselx, Escher de la Linth, Lardy, Shuttleworth, Studer, Thomas** et **du Thon**, qui se sont tous empressés d'être utiles à mon travail.

Trois ouvrages sur les glaciers et le terrain erratique viennent d'être publiés. Je les indique dans l'ordre dans lequel je les ai reçus de la part même des auteurs :

Notices sur les glaciers, les moraines et les blocs erratiques des Alpes, par **M. Godeffroy**, Paris et Genève, 1840.

Théorie des glaciers de la Savoie, par **M. le chanoine Rendu**, Chambéry, 1840.

Études sur les glaciers, par **M. Agassiz**, avec un atlas de 32 planches, Neuchâtel, 1840.

J'ai reçu ces ouvrages trop tard pour pouvoir les citer dans le corps de mon travail et faire connaître les réflexions que m'a suggéré leur lecture. — Devens, près de Bex, le 31 octobre 1840, — **Jean de Charpentier.**

I. GLACIERS.

Divisions des neiges.[1]

C. Les neiges perpétuelles[2] des Alpes se présentent sous deux formes très-bien connues des montagnards et surtout des chasseurs de chamois, mais beaucoup moins des naturalistes. L'une de ces formes est appelée par nos montagnards de la Suisse française **nevés**, et l'autre est généralement connue sous le nom de **glacier**. Neiges.

C. 1. **Nevés.** Nevés.

C. 2. **Nevés.**

C. 3. **Hauts nevés** se trouvent à une hauteur où les neiges tombées dans le courant d'une année ne disparaissent (le plus souvent) pas entièrement l'année suivante.

C. 3 *bis*. **Bas nevés** se trouvent à une hauteur où il dégèle et où il pleut fréquemment, fondent et disparaissent (généralement) complètement.

C. 4. **Changements de nevés en glaciers.**

C. 5. **Inégalité de l'absorption de l'eau.**

C. 6. **Congélation de l'eau absorbée.**

C. 7. **Effet de la congélation de l'eau absorbée.** Congélation de l'eau absorbée.

.... Si la congélation se faisait instantanément dans toute la masse, il n'y a pas de doute que le glacier ne fût changé en une glace compacte et parfaitement imperméable. S'il en était ainsi, la première congélation une fois opérée, l'eau provenant plus tard de la pluie et de la fonte superficielle s'écoulerait de la surface sans pénétrer aucunement dans l'intérieur....

Les divers degrés de tension qui résultent de la congélation lente et souvent partielle dans toute la masse doit nécessairement occasionner des ruptures, des félures...

DA [1] Neige (Schnee), Nevé (Firn), Glacier (Gletscher).

DA [2] Les neiges ou nevés qui couvrent les glaciers ne sont ni *perpétuelles*, ni *éternelles*; elles sont temporaires. Dans la Suisse allemande on les nomme **Firn** et on désigne par **Gletscher** les glaciers.

Structure de la glace.

C. 8. **Structure de la glace.**

.... Structure grenue. Les dimensions de ces grains ou pièces séparées grenues varient de la grosseur d'un petit pois à celle d'une noix. Leur forme est toujours anguleuse ou polyédrique, sans cependant présenter un nombre déterminé de facettes, ni aucune régularité dans leur arrangement....

La glace des glaciers renferme encore une multitude de petites bulles d'air.

C. 9. **Accroissement des glaciers.**

Dans la plupart des nuits durant l'été les glaciers augmentent de volume par la congélation de l'eau qu'ils ont absorbée pendant le jour, et par l'effet de cette même congélation il se forme de nouvelles fissures et de nouvelles bulles d'air propres à conduire et à retenir les eaux qui leur arrivent le lendemain par le retour de la chaleur. Cette alternative de gelée et de dégel a lieu pendant la belle saison, surtout à l'époque des jours les plus chauds suivis de nuits fraîches.[1]

C. 10. **Conservation des glaciers.**

.... Les hauts nevés sont stratifiés parce que les neiges annuelles n'y fondent pas complétement....

Le glacier proprement dit n'offre qu'une stratification apparente et nullement réelle provenant des soudures de fentes qui se sont refermées...

Le nevé ou la neige n'est indispensable que pour la formation d'un glacier, car une masse d'eau ne peut jamais se changer en glacier. Mais pour se conserver et même pour acquérir tout le développement que les conditions de la température lui permettent de prendre, il n'a absolument besoin que d'eau. Peu importe que cette eau provienne de la fonte des neiges ou qu'elle provienne des pluies, cela est tout-à-fait indifférent.[2]

DA. [1] Les observations, hypothèses, théories et conclusions imprimées en petits caractères ne sont pas confirmées par nos observations de 1844 à 1862.

DA. [2] Nos observations confirment pleinement et positivement que l'eau assimilée par les glaciers les fait progresser. Peu importe que cette eau provienne de la fonte des neiges ou nevés qui couvrent leur surface, ou qu'elle provienne des pluies ou de l'ablation de la glace même. — Le glacier couvert de neige ou de nevé, protégé de l'ablation, recevra de l'eau de fusion de cette couverture et progressera. Nous disons plus (et ce n'est pas une théorie préconçue à l'avance sans observation) : Si on couvrait de mottes de gazon, de planches ou de matériaux non conducteurs du calorique la surface d'un glacier, elle serait tellement protégée contre toute ablation (fonte), que l'eau de pluie qui en tombe et passe à travers la couverture le ferait progresser, et son augmentation de volume serait bien plus considérable que dans les localités découvertes. — L'aliment que digère le glacier (développement de l'embryon glaciaire), c'est l'eau, simplement l'eau pure, et cette eau est élaborée, assimilée par le glacier. — Mais cette eau ne gèle pas dans l'intérieur du glacier comme gèlerait l'eau à zéro que l'on introduirait dans un corps poreux, spongieux, à une très-basse température.

.... Il y a beaucoup de glaciers, surtout parmi les petits, qui, dans la belle saison, n'ont point de nevés : comme par exemple ceux des Martinets, de Plan-Nevé, de Pannerosaz (au-dessus de Bex), de Pétamont (sur le flanc occidental du Mont-Velan), etc.

.... La pureté remarquable de la glace dans l'intérieur des glaciers prouve bien qu'ils ne se maintiennent point par des accumulations ou par des couches de neige qui s'ajoutent à la surface, mais bien par la congélation partielle de l'eau provenant de la fonte des neiges et *absorbées soit par les fêlures* ou *fissures capillaires*, soit *par les bulles* qui existent dans la glace.

.... La fonte des glaciers par leur face inférieure, laquelle serait produite par la chaleur terrestre, *est une supposition qui n'est rien moins que prouvée.* Il est même quelques faits qui tendent à faire penser qu'elle n'a nullement lieu.[1]

C. 11. **Expansion des glaciers.**

Expansion des glaciers.

Lorsque l'eau absorbée par le glacier et répandue dans tout leur intérieur par les *fêlures* ou *fissures capillaires* vient à se congeler[2], elle augmente de volume et communique une sorte d'expansion à toute la masse. Cette dilatation doit agir principalement dans la direction où elle rencontre le point de résistance. Ce sera donc dans le sens de la pente et dans celui *de sa plus grande épaisseur.*

Lorsqu'un glacier se fond dans la même proportion que son volume augmente, on dit qu'il est *stationnaire.* Si au contraire la dilatation, son accroissement est plus fort que la diminution par la fonte, on dit qu'il *avance* (qu'il augmente)....

Et enfin lorsque l'effet de la fonte l'emporte sur celui de l'expansion, on dit qu'il *recule,* qu'il se *retire* (qu'il diminue). — Cette dernière expression, quoique consacrée par l'usage, est mal choisie, parce qu'elle fait naître une idée fausse, celle d'une contraction, d'une

DA. [1] A la limite des nevés temporaires (persistants) [2700m à peu près], les glaciers sont adhérents au sol. Au-dessous de cette limite, les roches polies, striées, sont la meilleure preuve qu'ils ne sont plus adhérents, mais le sol n'a pas, par cette raison, à la face inférieure des glaciers, une température qui le fait fondre; toutes nos observations nombreuses nous disent que le point de contact à quelques centimètres au-dessous du sol est à zéro, et l'eau qui sort des voutes glaciaires, et qui souvent parcourt sous le glacier un assez long trajet (ce que l'on peut vérifier en hiver), vient au jour à zéro, exceptionnellement à + 0,1 à + 0,2. Dans certaines localités exposées en plein midi la roche en place s'échauffe par les rayons solaires, même à toutes les altitudes, et exerce une action de fusion sur les glaciers en contact.

DA [2] Être assimilée.

retraite, d'un vrai mouvement rétrograde, effet qui n'a nullement lieu ; il vaudrait mieux dire *le glacier diminue*.

Toutes choses égales d'ailleurs, les étés chauds et secs précédés d'hivers peu abondants en neige présentent les conditions les plus favorables à la prompte diminution du volume des glaciers.

Les étés froids et pluvieux qui alternèrent avec des hivers très-abondants en neige depuis 1812 à 1817 inclusivement, firent grandir d'une manière extraordinaire tous les grands glaciers de nos environs. Ils parvinrent en 1818 au maximum de leur accroissement. — Les vieillards les plus âgés ne se souvenaient pas de les avoir vu avancer autant. Les habitants de la vallée de Chamounix furent vivement alarmés de voir les glaciers envahir leurs prés et leurs champs, et menacer de détruire les hameaux d'Argentière et des Bois. En 1819 les glaciers restèrent à peu près stationnaires; cependant ceux de Miage et de Brenva, sur le versant méridional du Mont-Blanc, continuèrent encore leur mouvement progressif. En 1821 ils commencèrent a diminuer sensiblement. Les chaleurs qui arrivèrent de fort bonne heure en 1822 et qui durèrent jusque vers le milieu d'octobre, hâtèrent singulièrement la fonte. Ils restèrent stationnaires jusqu'en 1826, époque où ils commencèrent de rechef à avancer jusqu'en 1830. Depuis cette époque ils ne firent guère de progrès jusqu'en 1833. Alors ils se mirent de nouveau à grandir un peu. Ils diminuèrent de rechef en 1836 et 1837. En 1838 les glaciers que nous eûmes occasion de visiter : la mer de glace de Chamounix, le glacier de Panerozza, celui des Martinets, au-dessus de Bex, parurent vouloir avancer. Mais en 1839 les glaciers de nos environs et ceux de la vallée de Bagnes et d'Entremont sont allés tous en diminuant. Il en a été de même en 1840. Cependant j'ai trouvé en août le glacier de Gorner, près de Zermatt, beaucoup plus grossi qu'il ne l'était même en 1818.

L'opinion que les glaciers augmentent pendant sept ans et qu'ils vont en diminuant les sept années suivantes est assez généralement répandue parmi les habitants des montagnes. — Quoique je n'approuve pas ceux qui d'emblée rejettent toute observation faite par des montagnards sur quelque objet de physique ou d'histoire naturelle, si de premier abord elle présente quelque invraisemblance ou bizarrerie, je ne saurai cependant admettre cette opinion qui paraît n'être fondée que sur une vénération pour le nombre sept.[1]

C. [1] Les montagnards, en général, sont de meilleurs observateurs qu'on ne le pense communément; et s'ils se trompent, c'est moins dans l'observation du fait que dans l'ex-

C. 12. **Le changement de volume des glaciers n'a pas lieu à des époques fixes.** Changement de volume des glaciers.

C. 13. **Cause pour laquelle dans la même année des glaciers grandissent et d'autres diminuent.** Cause des fluctuations des glaciers.

Cette anomalie n'a rien de surprenant quand on l'observe sur des glaciers peu éloignés les uns des autres. — On sait que la quantité de neige tombée pendant un hiver n'est pas la même partout, mais qu'elle varie beaucoup dans des localités un peu distantes, quoique se trouvant d'ailleurs sous la même latitude et la même hauteur au-dessus de la mer. Mais ce qui paraît au premier abord bien extraordinaire, c'est qu'il n'est pas rare de remarquer cette anomalie sur des glaciers de la même vallée qui souvent ne sont séparés l'un de l'autre que par un seul chaînon de montagne; il arrive souvent qu'une arête de rochers peut diviser un glacier en deux branches, et que la même année l'une d'elles va en augmentant, tandis que l'autre va en diminuant. — Ce fait qui, au premier abord, paraît bien extraordinaire, s'explique cependant facilement par la direction des vents qui ont régné pendant l'hiver. On conçoit aisément que les deux glaciers reçoivent à peu près une égale quantité de neige si le vent change souvent de direction, ou ce qui revient au même, si durant l'hiver il souffle autant de jours dans une direction que dans l'autre. Mais si au con-

plication qu'ils veulent en donner. Ce sont eux, et nullement les naturalistes qui, les premiers, ont observé que les corps étrangers qui sont arrivés par une cause quelconque dans l'intérieur des glaciers, reviennent tous à la surface au bout d'un temps plus ou moins long. Ce fait qui, au premier abord, paraît bien douteux et même invraisemblable, est néanmoins parfaitement exact. Mais si l'observation est juste, on ne peut pas dire autant de l'explication qu'ils en donnent : ainsi, lorsque nous demandâmes la cause de ce singulier phénomène, le brave montagnard de la vallée de Bagnes qui, en 1815, nous accompagnait sur le glacier de Breuney, nous répondit gravement : « Voyez-vous, Monsieur, « les glaciers rejettent tout ce qui tombe dedans, parce qu'ils n'aiment point la saleté. » — On sait que dans tous les pays les habitants des montagnes sont généralement plus enclins aux croyances superstitieuses que ceux des plaines, vu que ceux-ci, par le voisinage des villes et par leur contact plus fréquent avec les voyageurs étrangers, reçoivent un peu plus d'instruction. Il n'y a pas plus de huit jours que je rencontrai un paysan dans la vallée de Ferret; il m'assura très-sérieusement que la cause qui empêche les glaciers de sa commune de reprendre le développement qu'ils avaient en 1818, c'était dû à la messe que les habitants de la vallée font célébrer (moyennant paiement) une fois par an, dans le but même de prévenir l'accroissement des glaciers. En outre, j'ai toujours remarqué que les montagnards ont peu de mémoire des dates; ils se rappellent très-bien un événement, mais il est rare qu'ils sachent indiquer d'une manière précise l'année dans laquelle il a eu lieu. J'ajouterai à l'appui de cette remarque qu'il y a beaucoup de vignerons à La Vaux, dans le canton de Vaud, qui croient à une alternative de sept années sèches et sept années humides.

traire le vent a suivi plus fréquemment et plus longtemps la même direction, le glacier le plus abrité doit se charger de beaucoup plus de neige que son voisin et augmenter en proportion l'été suivant.[1]

Dans la course que j'ai faite à Zermatt au mois d'août 1840, j'ai trouvé le glacier de Gorner tellement grandi qu'il envahissait les prés d'Aroleit, où il avait déjà détruit une douzaine de granges. J'ai appris des gens de la vallée que depuis cinq à six ans ce glacier allait toujours en augmentant. Par contre j'ai trouvé le glacier de Finelen considérablement diminué depuis la dernière fois que je l'ai vu, en 1823; cependant il n'est séparé de celui de Gorner que par un chaînon de montagne qui s'élève peu au-dessus de la surface de ces deux glaciers. Le glacier de Finelen est abrité par les hautes montagnes contre les vents du Sud et Sud-Ouest, qui depuis cinq ou six ans ont fréquemment régné et ont rendu les hivers passablement doux, du moins dans nos contrées.

Les glaciers ne se meuvent pas par leur propre poids.

C. 14. **Les glaciers ne se meuvent pas par l'effet de leur propre poids.**

Nous devons réfuter l'opinion encore aujourd'hui[2] généralement reçue que le mouvement des glaciers est occasionné par le propre poids des glaciers, et qu'il constitue un véritable glissement tel qu'éprouverait un corps quelconque placé sur un plan incliné et obéissant aux lois de la pesanteur.

Si les glaciers n'étaient soumis qu'aux lois de la pesanteur et qu'ils vinssent à glisser sur leur base, quelle serait la force ou le frein qui pourrait en régler le mouvement et empêcher l'accélération de celui-ci? Il y en a beaucoup qui reposent sur un plan incliné de 45°,[3] et dont

DA. [1] Le glacier qui a plus de neige sera protégé de la fusion plus longtemps, et la surface de glace subira une plus faible ablation; mais cette neige ne s'ajoutera pas à la surface du glacier. — Le petit glacier du Faulborn, qui se trouve en aval de l'hôtel, doit sa conservation aux neiges accumulées à sa surface par le vent. Depuis 1840 à 1862 il n'a été à découvert que trois ou quatre fois à la fin de la saison chaude, soit en septembre, et quelques jours seulement. En 1861 il était partiellement à découvert; en mars 1862 il était couvert de 6m de neige tassée, et en août même année je l'ai trouvé couvert encore de 0m,50 à 1m de nevé tassé. — J'observe ce glacier depuis un grand nombre d'années.

DA. [2] Aujourd'hui (en 1862), cette opinion est encore persistante, et certes il faut encore bien des années pour en faire l'ablation.

DA. [3] Ce plan incliné de 45° n'est nullement un maximum de pente, même pour des glaciers d'une certaine importance; dans toutes les ascensions décrites on parle de pentes de glaces bien plus fortes..... — Dans les très-hautes régions, par exemple au Fin-

le pied n'est pas appuyé ; au contraire ils aboutissent à des précipices, à des abîmes prêts à les recevoir dans leur chûte inévitable et accélérée, si une fois ils venaient à céder à l'influence de la pesanteur et à glisser sur leur base.[1]

Chûtes de glace.

Cependant il arrive quelquefois, mais heureusement ces cas sont fort rares, que des portions de glaciers se détachent ; rien ne les arrête, elles forment ces épouvantables avalanches semblables à celle qui, le 27 décembre 1819, se détacha du glacier de Bies, sur le flanc oriental du Weisshorn, dans la vallée de Saint-Nicolas. La pression de l'air occasionnée par sa chûte fut si violente que plusieurs maisons du village de Randa furent enlevées sans avoir été atteintes par des fragments de glace.

La pente trop faible du lit de beaucoup de glaciers est également contraire à cette opinion.

Le glacier des Bois, généralement connu sous le nom de Mer-de-Glace (Chamounix), n'a tout au plus que 5 à 6 degrés de pente moyenne sur à peu près 12 kilomètres de longueur, depuis le pied du Tacul où il prend naissance jusqu'à peu de distance au-dessous de la maison du Montanvert, où il descend tout-à-coup et rapidement dans la grande vallée de Chamounix pour se terminer près du hameau des Bois. Comment se persuader qu'une masse solide d'environ 17 kilomètres de longueur, 1 kilomètre de largeur, de 40 à 50 mètres et plus d'épaisseur, puisse se mouvoir par l'action de son propre poids et glisser sur un plan incliné de 5 à 6 degrés? Il n'y a même aucune probabilité à ce que le sol de la vallée que la mer de glace occupe soit uni et ne présente aucun obstacle. La configuration exté-

der-Aarhorn, au Schreckhorn, etc., nous voyons de petits glaciers se maintenir et prospérer sur des pentes presque verticales. Ils sont adhérents au sol (gelés solidement au sol) ; ils progressent, mais toute glissade leur est interdite. On peut dire : admettons qu'ils ne glissent pas, puisqu'ils sont adhérents ; mais s'ils ne glissent pas, ils couleront comme de la lave ou comme une pâte. — Nos observations s'opposent à cette locomotion de couler, parce que les glaciers sur fortes pentes progressent d'après les mêmes lois glaciaires que ceux à très-faible pente, et même ceux sur un sol tout-à-fait horizontal. Ils progressent en raison de leur masse générale et locale.

C. [1] Le glacier de Tza, qui descend de la Dent-du-Midi dans le Val-d'Illiez, et que je vois journellement de ma chambre, repose sur un plan d'au moins 50°. — Le glacier qui repose sur le flanc du Mont-Velan — celui du Clocher-de-Portalet, dans la vallée de Ferret — de la Tzezettaz, dans la vallée de Bagnes — du Weisshorn — du Rothi, dans la vallée de la Simmi, etc., etc., sont tous situés sur des pentes excessivement rapides, aboutissent à des précipices, et par conséquent ne sont pas appuyés par leur pied.

rieure du glacier indique au contraire que son lit est très-inégal et hérissé de rochers qui doivent opposer un obstacle insurmontable à ce prétendu glissement.[1]

Une troisième objection contre le mouvement des glaciers par leur propre poids se tire de leur immobilité pendant l'hiver. Car c'est un fait reconnu et attesté[2] par tous ceux qui demeurent dans leur voisinage, tels que les habitants de Chamounix, de Zermatt, de Saas, de Grindelwald, etc., que les glaciers restent parfaitement stationnaires dans cette saison et ne commencent à se mouvoir qu'à la fonte des neiges.[3]

Puissance de la force expansive de la glace.

C. 16. **Puissance de la force expansive de la glace.**

Les glaces, en se dilatant, exercent contre les objets qui *tendent à s'opposer* à leur mouvement une action dont ceux qui n'en ont pas vu les effets ne sauraient guère se représenter la puissance. Il n'y a que les rochers en place compacte qui puissent résister à la force d'un glacier qui avance. Aucune construction faite par la main de l'homme ne pourrait seulement lui faire changer de direction. — Il renverse, pousse devant lui ou rejette sur les côtés tout ce qu'il rencontre et qui lui fait opposition sur son passage, même les blocs de roches, quelques gros qu'ils soient.[4]

Usure des surfaces qui se trouvent en contact avec le glacier.

C. 17. **Usure des surfaces qui se trouvent en contact avec le glacier.**

L'expansion de la glace fait que les glaciers exercent une pression énorme contre les rochers qui les encaissent et qu'ils en remplissent toutes les sinuosités. — Le sol qui leur sert de lit ou de support éprouve tout l'effet de leur poids. Il résulte de là que le mouvement imprimé par la dilatation à toute la masse d'un glacier occasionne un frottement

C. [1] Le glacier des Bossons remonte même le flanc d'un monticule qu'il rencontre à peu de distance de son extrémité inférieure.

DA. [2] Que certes **M. de Charpentier** n'a pas vérifié.

DA. [3] Les glaciers nous disent que toute l'année, sans excepter un seul jour, ils marchent, que toujours ils sont actifs, que le progrès est dans leurs mœurs, et ils sont en droit d'accuser **M. de Charpentier** d'avoir pris des informations sur leurs allures auprès d'ignorants montagnards, et de ne pas s'être adressé directement aux glaciers pour connaître la vérité. — Nous imprimons le paragraphe en petits caractères et en prenons toute responsabilité.

C. [4] En 1818 le glacier du Tour, dans la vallée de Chamounix, avait avancé sans creuser d'environ 25 mètres sur un terrain graveleux et dégarni de terre; mais au bout de cet espace il rencontra des prairies dont le sol, étant de la terre un peu marécageuse, fut entièrement soulevé et bouleversé.

DA. [4] Dans certaines localités et selon la saison, les glaciers ravagent, disloquent et renversent, détruisent tout ce qui leur fait opposition, mais généralement ils ont des allures bien plus pacifiques: ils envahissent et passent sur les obstacles comme le ferait un rouleau compresseur. — Au glacier inférieur de l'Aar un bloc monstre est tombé dans l'Aarboden de la surface du glacier, d'autres moins volumineux l'ont rejoint, et le glacier ne les a pas poussés en avant, il les a enterrés comme moraine profonde.

si considérable contre ces rochers, que leur surface s'use, se creuse, devient lisse et prend même un léger poli [1], si toutefois la roche, par sa dureté, est susceptible de le recevoir. Le sable et les petites pierres qui se trouvent accidentellement entre la glace et la roche font en quelque sorte l'office de l'émeri, et favorisent ainsi l'effet du frottement. C'est à la présence de ces grains de substance dure *qu'il faut attribuer les stries et raies fines* qu'on observe quelquefois sur les surfaces *frottées, usées et polies* par les glaciers, surtout si la roche est dure et qu'elle résiste bien à la décomposition, comme, par exemple, le granit et le gneiss très-quarzeux, le poudingue très-siliceux et d'autres roches compactes et dures.

Ces lignes ou raies qui, par leur finesse, leur parallélisme et leur régularité, semblent souvent être tracées par la pointe d'un burin, ne se dirigent pas dans le sens de la pente des surfaces, comme elles le feraient si elles étaient produites par des corps durs charriés par l'eau; mais elles suivent constamment la direction que le glacier a été forcé de prendre dans son mouvement, mouvement qui se conforme toujours à la configuration extérieure du terrain. Elles fournissent partout où elles se rencontrent un excellent moyen de distinguer les *frottements produits par les glaciers de ceux qui sont le résultat des courants d'eau, lesquels ne produisent jamais ces sortes de raies.*[2]

Ces surfaces frottées et usées fournissent de plus le moyen de reconnaître le maximum de volume qu'un glacier peut avoir atteint. C'est un fait très-important pour la théorie des transports des blocs et matériaux erratiques.[3]

[1] « Fort souvent un superbe poli, un vrai poli miroir.

[2] « Ces raies ou stries burinés ne sont pas exactement parallèles ni à la surface [illegible] présumé, ni à la surface du glacier que nous avons sous les yeux; il ne peut [illegible] en être autrement, les glaciers progressent en longueur et en hauteur (voyez [illegible] DA., *Progression des glaciers*).

[3] « Certes les surfaces polies et striées que nous voyons sur les roches dans les bas[illegible] des glaciers en activité, et celles sur des rochers de vallées à de très-grandes dis[illegible] des glaciers en activité, nous disent que jadis les glaciers s'étendaient à cette [illegible]; mais nous remplacerons le *maximum* par une certaine époque de leur ex[illegible]. — Leur hauteur était beaucoup plus grande. — «Pas possible! diront des gla[illegible]» Je leur répondrai : depuis quelques années les glaciers me disent (et c'est un [illegible] que chacun peut vérifier) qu'au-dessus de la limite des neiges temporaires persis[illegible] à 2600 à 2700^m alt. dans les Alpes, leur surface inférieure et généralement celle [illegible] roche en place est adhérente au sol dans toutes les saisons (gelé solide[illegible], et par cette raison leurs ancêtres, qui avaient les mêmes mœurs et allures que [illegible] actuels, ne pouvaient pas moutonner, user, polir, ni rayer les roches à [illegible]. Préciser la hauteur des masses gelées de cette époque est difficile.... [illegible] aucun pic des Alpes n'était à découvert....

II. MORAINES.

Moraines. C. 18. **Moraines.**

La plupart des glaciers, sinon tous, sont plus ou moins exposés à être atteints par des chûtes de pierres et par des éboulements de rochers. En outre, les hauts nevés qui les couvrent contribuent encore à augmenter la quantité de ces matériaux qui, par suite d'ablation, se trouvent à la surface. — Ces matériaux répandus sur le glacier finissent tous par atteindre les uns les côtés, les autres, et c'est le plus grand nombre, le pied ou l'extrémité inférieure (pente terminale); ils roulent sur les bords, où ils se mêlent avec les matériaux que le glacier a rencontrés sur son passage et qu'il a poussés devant lui. Il se forme de cette manière le long des deux côtés du glacier et à son pied un entassement informe de terre, de sable, de gravier et de blocs de toutes les dimensions.

Ces amas de débris portent en français le nom de *moraines* et en allemand celui de *Gandecke*.

Moraines latérales. *Moraines latérales* sont celles qui longent les bords ou les deux côtés d'un glacier.

Moraines frontales. *Moraines frontales* (moraines terminales) sont celles qui se trouvent à son pied, c'est-à-dire devant son extrémité inférieure (terminale). — Si les accidents du terrain et le cours des torrents ne mettent aucun empêchement au dépôt des débris, ce sont les moraines frontales qui présentent ordinairement l'accumulation la plus considérable, surtout dans l'endroit qui correspond à la *ligne médiane*, c'est-à-dire à la ligne qui la partagerait dans toute sa longueur en deux portions égales. Il est superflu de faire observer que l'extrémité supérieure ou la tête d'un glacier ne peut se terminer par une moraine.

Il existe encore une troisième sorte de moraines appelée en français :

Bandes. *Bandes*, et en allemand *Guffer* ou *Gufferlinie*[1]. Elles se distinguent des autres amas par leur position, c'est-à-dire qu'elles ne se trouvent pas entassées à côté des glaciers, mais sur les glaciers même, sur

C. [1] Le mot Guffer veut dire débris, fragments de roches. Quelquefois on s'en sert comme équivalent du mot échantillon, Stufe en bon allemand.

leur dos (leur surface); c'est à cause de cette circonstance que je les désignerai par le nom de :

Moraines superficielles, réservant le mot de *bandes* pour les moraines ordinaires peu considérables, c'est-à-dire pour celles qui, au lieu de présenter des accumulations en forme de digues, n'offrent que des traînées de débris plus ou moins espacés. Moraines superficielles.

Aucune véritable moraine n'offre la plus légère stratification; les débris qui les composent sont accumulés sans aucun ordre apparent; on y trouve entassés pêle-mêle des blocs dont la grosseur varie de celle d'un poing jusqu'à plusieurs mètres cubes, mêlés indistinctement avec des graviers et le sable le plus fin. On trouve quelquefois, il est vrai, dans le voisinage des glaciers, des dépôts distinctement stratifiés et formés comme eux. Mais on ne peut pas les envisager comme de véritables moraines. Je les ferai connaître plus loin.

Les fragments de roches qui constituent ces entassements sont, les uns anguleux, les autres plus ou moins arrondis, c'est-à-dire à arêtes et à angles écornés ou émoussés. Leur surface est ordinairement raboteuse, mais on en trouve aussi beaucoup où elle est lisse.[1]

.... Cependant lorsque des blocs sont éparpillés sur le dos d'un glacier et ne se trouvent guère en contact les uns avec les autres, le mouvement seul de la glace n'altère pas leur forme. Dans cet état ils sont transportés à de grandes distances et conservent leurs arêtes et leurs angles aussi intacts que s'ils avaient fait le trajet sur un traîneau....

C. 19. **Formes des moraines.** Formes des moraines.

La forme des moraines peut en général se comparer à celle d'une digue ou d'un rempart, c'est-à-dire qu'elles présentent des monticules allongés, dont les deux talus sont joints par une arête tronquée ou arrondie. L'inclinaison des talus, comme nous le ferons voir plus tard, dépend principalement de la pente du terrain sur lequel l'entassement a eu lieu. En général l'inclinaison du talus qui est tourné vers le glacier est beaucoup plus variable que celle de l'autre côté, qui est de 35° à 40°, si toutefois le terrain sur lequel la moraine est déposée est à peu près horizontal; au contraire, le degré de pente du premier dépend beaucoup, soit du temps que le glacier a mis à diminuer (ou comme on dit communément à se retirer), soit de la quantité de débris qu'il amène habituellement.

[1] Striée, burinée.

Le volume des moraines varie selon la quantité de débris que le glacier charrie et qu'il peut avoir rencontrés sur son passage et poussés devant lui. Pendant qu'un glacier est *en progrès*, il entasse ces débris; lorsqu'il est stationnaire, la moraine s'augmente par les blocs et les pierres qui roulent depuis le bord. — Lorsqu'il *diminue* ou en d'autres termes lorsqu'il fond, les matériaux dont il est couvert tombent peu à peu sur le sol et y restent éparpillés sous forme d'entassements réguliers. — On appelle :

Fond de glacier. **Fond de glacier,** en allemand *Gletscherboden*, ces sortes de terrains parsemés de blocs et ayant servi de lit de glacier. — Pendant tout

Moraines profondes. le temps qu'un glacier à très-faible pente reste stationnaire, une partie de la moraine qui s'entasse est supportée par la glace. Lorsque le glacier diminue, la moraine frontale forme un rempart (une digue); il en est de même des *moraines latérales*. Lorsqu'il augmente, il poussera une partie de la moraine devant soi, en nivelera une autre partie et passera par-dessus.[1]

Moraines superficielles. C. 20. **Moraines superficielles.**

Les moraines superficielles sont également formées par des débris de roches tombés directement sur le glacier et par ceux qui, amenés par les hauts nevés, ont été ramenés à la surface par la fusion. Elles ne se distinguent donc des autres moraines que par leur position, c'est-à-dire qu'elles ne se trouvent pas sur le terrain à côté du glacier, mais sur son dos ou sur la glace elle-même. Leur direction générale est dans le sens de la pente ou de la longueur du glacier, de manière qu'elles suivent la direction du mouvement principal et local. Elles ne se forment que sur les glaciers profondément et étroitement encaissés entre deux ou plusieurs chaînes de montagnes. Dès que le vallon ou la gorge vient à s'élargir, ou bien dès que le glacier atteint un bassin ou une vallée où il peut s'étendre latéralement, les moraines superficielles finissent par s'éparpiller sur le dos du glacier.

Mode de formation des moraines superficielles. C. 21. **Mode de formation des moraines superficielles.**

Voici maintenant l'explication de la manière dont les bandes ou moraines superficielles se forment et se maintiennent.

Soit *a* le plan d'un glacier qui, sur rive droite de *b* en amont et de *c* en aval, se trouve bordé par une pente trop rapide pour que les débris qu'il charrie et rejette sur ses bords puissent s'y entasser, comme

DA. [1] A ces matériaux enterrés, empâtés dans le sol par le glacier, nous donnons le nom de *moraines profondes*.

cela a eu lieu sur le bord opposé, rive gauche, où il a déposé la moraine *f* et *g*. Par conséquent les débris, le long de l'escarpement *b* et *c*, étant restés sur la glace, seront transportés en *c* par le mouvement du glacier, qui y rencontrera la branche *h*, avec laquelle il se réunira et formera le glacier *i, k, o, n* (qui est un glacier composé de deux affluents *a* et *h*, qui sont séparés par un *Mittelgrat*, et dont *c* est l'*Abschwung)*. Les débris amenés en *c* ne peuvent se rendre sur les bords à cause du mouvement progressif des deux glaciers réunis *a* et *h*; ils doivent donc suivre la direction *c* et *o* (*o* est l'emplacement en aval où le glacier n'est plus encadré) sans dévier ni à droite ni à gauche, aussi longtemps que les montagnes des deux côtés empêcheront le glacier de s'élargir ou de se dilater latéralement. Dans tout ce trajet *c* et *o* les débris restant entassés sous forme de digue sur la glace, donneront lieux à une *bande* ou *moraine superficielle* [1]. Mais dès que le vallon s'évasera ou que le glacier n'est plus encaissé et n'éprouve ainsi plus de gêne, alors il se dilatera latéralement; les matériaux amenés depuis *c* et accumulés en forme de digue ne resteront plus réunis; sa moraine se disloquera et ces débris s'éparpilleront et se répandront en avant sur le dos du glacier.[2]

Le nombre des bandes s'accroîtra avec le nombre des branches du glacier, pourvu que celles-ci offrent les conditions que nous venons d'indiquer. Enfin, des roches dominant assez un glacier pour que les éboulements qui s'en détachent tombent un peu en avant, peuvent également donner lieu à des moraines superficielles.[3]

DA. [1] Ces bandes ou moraines superficielles, nous les appelons *moraines médianes* lorsqu'elles se trouvent au milieu du glacier. Ce sont des moraines d'*Abschwung*, c'est la réunion des moraines latérales des affluents d'un glacier composé.

DA. [2] L'illustration (t. XII, p. 55) de l'ouvrage de **M. de Charpentier** rend parfaitement compte du mode de formation des moraines superficielles, et les lettres citées du plan et leur position annotée seront comprises par les naturalistes qui ont parcouru les hautes régions des Alpes.

C. [3] Le glacier de Gorner, formé par la réunion des glaciers qui descendent du Monte-Rosa, du Lyskamm et du Breithorn du côté du Valais, est l'un des plus appropriés à l'étude des glaciers en général et en particulier à celle des moraines superficielles. — DA. Le glacier inférieur de l'Aar *(Unter-Aar-Gletscher)*, glacier composé d'un grand nombre d'affluents, est bien certainement celui qui offre à l'étude glaciaire la plus belle et la plus complète *moraine médiane d'Abschwung*, réunion des glaciers du Finster-Aar et du Lauter-Aar, dont les moraines latérales se réunissent et sont transportées par le glacier à une très-grande distance en aval avant de s'éparpiller. D'autres affluents nombreux y déversent les matériaux sous forme de bandes qui conservent leur spécialité à une grande distance.

Piédestal des moraines superficielles.

C. 22. **Piédestal des moraines superficielles.**

Les moraines superficielles, lorsqu'elles acquièrent une épaisseur un peu considérable, c'est-à-dire 8 à 10 pieds (2m,60 à 3m,20), ne reposent plus immédiatement sur la surface du niveau, mais sur une sorte de piédestal ou de soubassement de glace, qu'aux glaciers de Zmutt et de Valorsy nous avons vu s'élever jusqu'à 10 pieds (3m,20), et **M. de Saussure** jusqu'à 6m,40.[1]

Les causes qui durant l'été agissent d'une manière destructive sur le glacier, soit par voie de fonte, soit par évaporation[2], n'agissent pas sur les parties découvertes du glacier d'une manière aussi énergique; l'ablation est plus faible sur les surfaces couvertes.

Dès que les moraines superficielles entassées sur le glacier se disloquent, les soubassements disparaissent parce que les débris dispersés ne peuvent plus garantir ces socles des rayons solaires, de la chaleur et de la pluie; ceux-ci ne tardent pas à se fondre.

Moraines. Éboulements.

Lorsqu'un glacier aboutit à un précipice ou à une pente rapide (abrupte, très-inclinée), les débris ne peuvent pas s'arrêter immédiatement devant le glacier, mais ils roulent jusqu'au pied de la pente où ils forment un dépôt qui, quoique éloigné du glacier, n'en est pas moins une moraine. — Ces sortes de moraines au pied des précipices ou sur les flancs des fortes pentes ressemblent à des éboulements et peuvent donner lieu à de grandes méprises, si le glacier qui les a produites a entièrement disparu, ce qui est fréquemment le cas.

Tables de glaciers.

C. 23. **Tables de glaciers** *(Gletscher-Tische).*

On rencontre quelquefois sur les glaciers de très-gros blocs de roche supportés comme les moraines superficielles par un socle (piédestal, cône) de glace qui a aussi la même origine. On remarque que le socle est entouré d'une espèce de fossé creusé dans la glace, soit par la réverbération du soleil, soit par les eaux qui pendant les pluies et la fonte des neiges dégouttent des bords du bloc[3]. — Dès

DA. [1] Sur le glacier de l'Aar, ligne transversale du Pavillon au Grünberg, la partie supérieure de la moraine médiane a, en 1862, une élévation verticale au-dessus de la surface du glacier (base de la moraine) de 33 mètres. Sous ce rapport aucune moraine dans les Alpes, du moins à ma connaissance, ne lui fait concurrence; elle est pour le moment *unrivallend,* sans rival, sans égal. (Die größte.)

DA. [2] L'évaporation est faible, et la condensation la contre-balance et la surpasse, et au lieu de diminution, il y a augmentation par brouillard, rosée, gelée blanche, givre, pluie, et par condensation de l'humidité atmosphérique.

DA. [3] Cette espèce de fossé, cette dépréciation de la surface du glacier, peut se produire, mais généralement ses traces ne se conservent pas

qu'un socle a acquis une certaine hauteur qui dépend de la grosseur (et surtout de la largeur) du bloc, le soleil et les vents chauds l'entament et l'amincissent du côté où ils l'atteignent. Ce bloc n'étant plus suffisamment appuyé, se met à pencher de ce côté et finit par retomber sur la surface du glacier; puis donnant lieu à un nouveau socle, il est de rechef soulevé. Ces blocs supportés par un socle s'appellent *tables* ou *champignons* de glaciers. [1]

Le plus beau champignon de ce genre que j'ai vu se trouvait en 1815 sur le glacier de Zmutt (près Zermatt), schiste talqueuse de 6^{m} de long, 4^{m} de large, 2^{m},5 d'épaisseur (60^{m} cubes), supporté par un socle de 2^{m},2 de hauteur. [2]

C. 24. **Alluvium glaciaire.** Alluvium glaciaire.

Outre les moraines et les fonds de glaciers *(Gletscherbæden)*, les glaciers forment encore une troisième sorte de dépôts qui méritent de nous arrêter un instant, parce qu'ils jouent un rôle important dans l'histoire du terrain erratique. Je veux parler de ces dépôts qui se forment lorsque les débris de roches charriés par les glaciers, au lieu de s'accumuler sur un terrain sec, tombent dans des amas ou réservoirs d'eau, et se mêleront avec ceux que charrie dans ces crues le torrent du vallon. Ils se déposeront ensemble, affecteront une stratification plus ou moins distincte. Si les eaux du petit lac parviennent à se faire jour, soit en perçant par-dessous le glacier, soit par la diminution de ce dernier, elles entraîneront la plus grande partie de ce dépôt, ne laissant subsister que les portions qui se trouvent plus ou moins à l'abri du courant. Ces atterrissements se distinguent des *alluvions ordinaires*, principalement par la forme des fragments de roches qui généralement ne sont pas aussi arrondis ni aussi polis (lisses) que les sables qui constituent l'alluvium ou le diluvium des torrents ou des rivières.

On trouve près des glaciers en activité et à de grandes distances de ceux-ci beaucoup de ces débris qui ont parfaitement conservé leurs angles et leurs arêtes vives, et qui sont fréquemment mêlés de blocs,

DA. [1] Lorsqu'un bloc tombe de sa base nous disons qu'il a *table;* tel et tel bloc *table*.

DA. [2] Ces tables de glaciers isolées ou par groupes produisent un effet très-pittoresque. Sur les glaciers de l'Aar nous voyons des blocs monstres dont les dimensions sont bien plus considérables sur des piédestaux de plusieurs mètres de hauteur. — **M. de Charpentier** ne signale pas les *cônes graveleux* que l'on trouve en très-grand nombre sur le glacier inférieur de l'Aar, dont les dimensions sont depuis celles d'une taupinière jusqu'à une pyramide de 5 mètres de hauteur et plus.

soit anguleux, soit arrondis, dont les dimensions contrastent singulièrement avec celles des autres débris. En outre ces matériaux sont beaucoup plus mêlés de terre et de limon que les dépôts alluviens ordinaires ; enfin les *strates ne conservent guère de régularité* sur une étendue tant soit peu grande.

Lorsque le torrent barré par le glacier éprouve une crue, il amène à la fois beaucoup de galets et de gravier qu'il dépose dans la mare. Cette couche de matériaux sera ensuite recouverte par les fragments de roche qui tombent du glacier. — Ce fait explique le mode de formation des dépôts qui offrent une alternative de couches de débris roulés, arrondis et évidemment charriés par l'eau avec d'autres qui, étant transportés sur le dos du glacier, sont anguleux et bien conservés. — La gouille de Valsorey, le lac de Maerjelen (près du glacier d'Aletsch), celui de Gorner (enclavé entre le glacier du même nom et celui de Blatio), celui de l'eau froide au Simplon, etc., sont des amas d'eau occasionnés par des parages de glacier. Il y a aussi des amas qui sont retenus par des moraines et dans lesquels les matériaux amenés par les eaux se déposent par couches. Le lac le plus considérable dans ce genre est celui de Matmark, dans la vallée de Saas; il est occasionné par la moraine du glacier de Hohelerch ou d'Allalein, qui fait refluer la Viège.

L'an dernier j'ai trouvé trois de ces petits lacs au pied du glacier des Bois [1]. Ils provenaient des eaux du glacier qu'une vieille moraine empêchait de s'écouler. Les galets, le sable et le limon que ces eaux charriaient s'y déposaient également (d'une manière uniforme) par couches. Les lacs de Champé, au-dessus d'Orsières, et de Combal dans l'Allée-Blanche, sont retenus par d'anciennes moraines. Ces sortes de dépôts stratifiés se rencontrent fréquemment à l'entrée de plusieurs vallées qui débouchent dans la grande vallée du Rhône, et cela dans les localités où le glacier qui a servi de barre ou de digue a entièrement disparu.

Il importe de désigner par un nom particulier ces sortes d'*alluviums* ou de *diluviums* ordinaires. — Je les distinguerai par le nom de **glaciaires**, appelant ces dépôts stratifiés :

Alluvium glaciaire. **Alluvium glaciaire** lorsque le glacier qui les a produit existe encore, et

Diluvium glaciaire. **Diluvium glaciaire** lorsqu'il a disparu depuis longtemps.

DA. [1] En mars 1862 j'ai vu en aval du glacier supérieur du Grindelwald deux petits lacs dans la moraine. Ils n'avaient pas changé de dimension en août, même année.

Je dois encore faire remarquer qu'il existe au pied de la plupart des glaciers des dépôts de transport plus ou moins stratifiés, produits par les torrents qui s'échappent de ces masses de glace et qui entraînent les débris de roches charriées par les glaciers et les déposent plus loin. Ces alluvions sont souvent fort considérables, comme, par exemple, près du glacier de Gorner (Zermatt), près d'Argentière celui des Bois, etc.

C. 25. **Causes pour lesquelles les corps étrangers ensevelis dans la glace reviennent à la surface.**

Causes pour lesquelles les corps étrangers ensevelis dans la glace reviennent à la surface.

.... Il serait absurde d'attribuer ce fait tout simple à une force particulière, en quelque sorte occulte, qui, agissant sur ces corps, leur ferait percer et traverser la glace solide pour arriver ainsi au jour. Cette apparition des corps ensevelis n'est *autre chose que l'effet de l'expansion des glaciers combinée avec celui de la fonte superficielle.*

M. Venetz a le premier expliqué ce fait curieux dans un Mémoire présenté en 1816 à la Société helvétique des sciences naturelles réunie à Berne. — Mon frère, **Toussaint de Charpentier**, a fait connaître cette explication dans son Mémoire *sur les glaciers*, inséré dans les *Annales de Gilbert*, 1819, p. 388.

C. 26. **Effet des corps organiques sur la glace.**

Effet des corps organiques sur la glace.

Lorsque les insectes viennent à périr sur un glacier, au lieu de rester à la surface, ils s'enfoncent peu à peu dans la glace en la fondant par l'action de la chaleur des rayons solaires qui leur est communiquée et dont l'effet est d'autant plus considérable que la couleur de l'insecte est plus foncée. Mais dès que ces êtres sont arrivés à une profondeur de quelques centimètres où les rayons du soleil ne peuvent plus les atteindre, ils cessent complétement de descendre. La même chose arrive à des feuilles, à des parcelles de bois et aux pierres de très-petite dimension de couleur foncée.

III. CREVASSES.

Crevasses. C. 28. **Crevasses.**

Nous avons fait voir (C. 7) que la congélation de l'eau inégalement absorbée par un glacier y produit une expansion pareillement inégale. Cette expansion donne lieu à la formation de *fêlures* ou *fissures capillaires*, courtes, irrégulières et se croisant en tous sens et en si grand nombre qu'elles deviennent la cause de la structure grenue de la glace. Mais cette dilatation ne se borne pas uniquement à produire de ces petites fêlures; elle occasionne aussi des fentes plus grandes, plus régulières et peut-être quelquefois assez profondes pour atteindre à la face inférieure du glacier.[1]

On commettrait cependant une grave erreur si l'on attribuait à l'effet de l'expansion seule toutes les crevasses qui coupent les glaciers et qui les rendent souvent si difficiles et si dangereux à parcourir. Beaucoup d'entre elles, peut-être la plupart, sont dues au concours de diverses circonstances qui tendent toutes à provoquer la rupture de la glace et à favoriser la formation des crevasses. Le degré de pente du lit des glaciers, les inégalités que ce même lit peut présenter, les excavations que les eaux qui coulent sous les glaciers peuvent y faire, le tassement de la glace, sa fragilité : voilà avec la dilatation et le mouvement les causes principales du phénomène qui nous occupe.

Le degré de pente du lit d'un glacier exerce la plus grande influence sur le nombre et l'étendue des crevasses. Plus cette pente sera rapide[2] (abrupte), plus le glacier sera crevassé. La raison en est facile à comprendre. Supposons qu'il se forme au pied de la pente une ou plusieurs crevasses transversales : la glace qui borde la crevasse du côté d'amont n'étant pas suffisamment appuyée, doit peu à peu céder à son propre poids et provoquer au-dessus d'elle une nouvelle fente, qui à son tour en occasionnera une troisième, et ainsi de suite, toujours en remontant jusqu'à ce que la pente devienne assez douce pour que la glace puisse se soutenir sur elle-même par son aplomb.

DA. [1] De 1844 à 1862 nous avons cherché en vain des crevasses qui traversent le glacier de la surface au sol inférieur du glacier. — A de faibles distances des roches qui les encaissent ce fait se voit assez souvent, ainsi qu'à la pente terminale.

DA. [2] Fortes pentes à surfaces accidentées.

Pour bien comprendre ce mode de formation des crevasses il faut se rappeler que la glace des glaciers n'est point compacte comme celle des lacs et des rivières, mais qu'elle est grenue et que ces grains sont tous séparés les uns des autres par des fissures capillaires qui nuisent à la solidité de la masse.

L'instant où des fentes se forment est très-souvent accompagné d'un craquement qu'on peut quelquefois comparer à un coup de canon. La largeur des fentes naissantes atteint rarement 10 millimètres et ne dépasse jamais [1] cette mesure. — Mais si les fentes communiquent avec la face inférieure du glacier, soit directement, soit par l'intermédiaire d'autres crevasses, elles ne tarderont pas à s'élargir, parce que l'air et souvent les rayons solaires directs ne tarderont pas à l'élargir. Les eaux qui coulent le long des surfaces produiront le même effet.

La largeur des crevasses est très-variable. Il y en a où elle n'est que de quelques millimètres, tandis qu'il y en a d'autres où elle atteint 3 mètres et même au-delà. Mais toutes les crevasses [2] se rétrécissent aussi bien vers leurs deux extrémités que dans la profondeur.

Il parait que la plupart communiquent d'une manière quelconque avec la face inférieure du glacier; car, lorsque cette communication n'a pas lieu, les crevasses se remplissent d'eau pendant l'été, et cependant il n'est pas très-commun d'en rencontrer qui présentent cet accident.

Crevasses transversales.

Leur direction ordinaire est à peu près dans le sens de la largeur du glacier, mais on remarque que celles qui partent des bords latéraux s'inclinent presque toujours du côté d'amont, c'est-à-dire vers l'extrémité supérieure. Nous attribuons ce biais à l'expansion inégale du glacier qui doit se dilater moins dans le milieu que le long de ses bords où la fonte est plus considérable à cause de la réverbération, ou si l'on veut à cause du calorique rayonnant des flancs des montagnes, des rochers et des moraines qui le bordent. Par conséquent, le glacier y recevant plus d'eau doit se dilater davantage, et son mouvement y doit être nécessairement plus considérable qu'au milieu où ces agents agissent plus faiblement. [3]

DA [1] Exceptionnellement cette largeur est dépassée.

DA. [2] On trouve des crevasses qui se rétrécissent dans le haut et dans le bas, mais elles sont généralement plus ouvertes dans le haut.

DA [3] M. de Charpentier dit que le glacier doit se dilater moins dans le milieu que le long de ses bords, et il conclut que son mouvement de dilatation doit être bien plus considérable au bord qu'au milieu. — Nos observations nous disent depuis très-longtemps qu'en règle générale la marche au bord est infiniment plus lente qu'au milieu. La différence est énorme.

Je dois encore ajouter que je ne connais aucun exemple de glacier traversé dans toute sa largeur et dans toute son épaisseur par une seule et même crevasse. Si cet accident arrivait, l'expansion de la glace le ferait bientôt disparaître.

Crevasses longitudinales.

Les *crevasses longitudinales* ou parallèles à la longueur du glacier sont plus rares et la plupart paraissent avoir été originairement des crevasses transversales qui, sous l'influence du mouvement inégal, ont peu à peu fléchi et pris une direction à peu près parallèle à celle du glacier[1]. Lorsqu'elles présentent cette direction déjà en naissant, cela provient toujours des arêtes de rochers que la glace recouvre et qui se dirigent dans ce sens[2]. On rencontre sur le bord des glaciers, principalement vers le pied, de profonds sillons parfaitement semblables à des crevasses, mais qui ne sont que des ravins creusés par les eaux pluviales. On les reconnaît par leur fond qui est creusé en rigole et par leur direction qui est toujours dans le sens de la plus forte pente. Le glacier du Rhône présente ce fait d'une manière très-remarquable.

On observe fréquemment que la glace n'est pas en contact immédiat avec les rochers qui la bordent, mais qu'elle en est séparée par un vide, par une sorte de crevasse qui à son embouchure présente une largeur très-variable, mais qui dans la profondeur va promptement en diminuant. Ces vides n'atteignent le fond du glacier que dans les localités où des eaux plus ou moins abondantes suivent la pente du rocher et fondent la glace à mesure que l'expansion tend à l'en approcher.

Le rènvoi ou la répercussion des vents chauds et la réverbération du soleil sont la principale cause de cet accident, qu'on rencontre dans toutes les localités où les glaciers sont bordés par des rochers taillés à pic et exposés au Midi.

Enfin, lorsqu'un glacier ou un nevé qui le couvre aboutit par son extrémité supérieure à une paroi de rocher, le tassement empêche le contact immédiat et produit une large séparation entre le rocher et la glace[3]. C'est un accident extrêmement commun, mais je ne connais aucun glacier où il se présente d'une manière plus frappante qu'à celui du Breithorn, au fond de la vallée de Lauterbrunnen, et à celui de la Rémouentza, près du glacier de Trient.

DA. [1] Les crevasses transversales peuvent prendre une direction moins transversale.

C. [2] Le glacier de Corbassière, dans la vallée de Bagnes, d'Argentière, de la Mer-de-Glace (Chamounix), présentent des crevasses longitudinales occasionnées par des arêtes de rochers, car elles s'ouvrent toujours à la même place.

DA. [3] Crevasses primordiales, Bergſchrund (rimayes).

Les crevasses traversent les moraines qui couvrent le glacier. — Les nevés qui couvrent les glaciers se crevassent comme le glacier.

Les plafonds ou voûtes des ouvertures par lesquelles les torrents s'échappent des glaciers s'affaissent considérablement pendant l'hiver. Il n'est pas rare que non-seulement l'ouverture, mais aussi le canal lui-même se ferme par l'affaissement du plafond. Dans ce cas, au retour de la belle saison, les eaux se fraient un nouveau passage, quelquefois à une grande distance de l'ancien et le conservent aussi longtemps qu'elles n'ont pu ouvrir l'autre. La belle grotte de la source de l'Arveyron s'était entièrement fermée il y a douze ans pendant l'hiver, de manière que l'année suivante nous vîmes encore en juillet ce torrent sortir de dessous le glacier à une grande distance au-dessous de son issue ordinaire et former une belle cascade de près de 100 mètres de chute. Le canal d'écoulement des eaux du vaste glacier de Gorner s'était entièrement fermé par un affaissement de la glace pendant le long hiver de 1829 à 1830. Au printemps suivant les eaux se firent jour beaucoup plus haut et conservèrent pendant deux ans cette nouvelle issue. Le torrent du glacier de Tzezettaz, dans la vallée de Bagnes, s'écoulait en 1815 du côté du bord droit, tandis qu'en 1820 son issue se trouvait près du bord gauche du glacier. Ces faits, auxquels nous pourrions en ajouter d'autres, prouvent que la glace est susceptible d'affaissement, même pendant l'hiver.[1]

Voûtes des glaciers.

C. 29. **Aiguilles de glace.**

Aiguilles de glace.

L'air chaud, le soleil et l'eau, tant de pluie que de fonte, contribuent singulièrement à l'élargissement des crevasses. C'est à ces mêmes agents, combinés avec l'effet de la pente et l'irrégularité du sol, qu'il faut attribuer ces *aiguilles* ou *pyramides* de glace qu'on observe sur beaucoup de glaciers. C'est surtout sur le glacier des Bossons que ce phénomène excite l'admiration des voyageurs qui visitent la vallée de Chamounix. Ces aiguilles ne sont autre chose que les cloisons qui séparent une multitude de larges crevasses ou, pour ainsi dire, les murs mitoyens, rompus et disloqués par la dilatation et le tassement, et ensuite entamés, rongés et façonnés de la manière la plus variée et la plus bizarre par l'action du soleil, des pluies, de l'air et des vents chauds.

DA. [1] Le glacier de l'Unter-Aar, de 1842 à 1861, a déversé ses eaux par la voûte qui se trouvait tantôt au milieu de la vallée et alternativement près de la rive gauche ou de la rive droite.

Le glacier des Bossons n'est pas le seul dans les Alpes qui offre de ces belles pyramides. On en voit aux glaciers d'Argentière, du Miage, de la Brenva, du Gièt roz, du Mont-Durant, du Gorner, du Rhône[1]. On en rencontre partout où la pente et les inégalités du sol provoquent la rupture de la glace, et où les agents atmosphériques sont les plus actifs.

Crevasses remplies d'eau.

C. 30. **Crevasses remplies d'eau.**

Lorsqu'une crevasse n'atteint pas le fond du glacier et qu'elle ne communique pas avec beaucoup d'autres fentes qui établissent cette communication, elle finit par se remplir d'eau, et celle-ci doit nécessairement se congeler pendant l'hiver et se convertir en un filon de glace compacte, semblable à celle des lacs et des rivières. Mais de pareils filons n'ont jamais été observés dans les glaciers, et la raison en est toute simple[2] : la glace compacte de la crevasse se trouve sous l'influence de la glace grenue qui l'entoure; par conséquent, au retour de la chaleur, le mouvement inégal que cette dernière éprouve par la dilatation de l'eau absorbée, brisera l'autre, la fendillera, et de cette manière la rendra grenue et parfaitement semblable à la glace qui forme le glacier, en sorte qu'il devient impossible de distinguer l'une de l'autre.

Lorsque l'eau remplit une crevasse jusqu'aux bords, en sorte que le soleil puisse l'atteindre, elle se réchauffe, fond la glace autour d'elle et évase ainsi l'ouverture de la crevasse. En effet, le soleil n'élevant la température de l'eau qu'à la surface, la glace ne peut guère se fondre dans la profondeur; l'eau réchauffée portera donc son action sur les bords qui, par ce moyen, s'évaseront et prendront un fort talus. Du reste, ces sortes de petits amas d'eau que nos montagnards appellent des *gouilles* se rencontrent aussi sans qu'ils aient été occasionnés par quelques crevasses. Il suffit d'une simple dépression dans laquelle l'eau puisse se ramasser pour produire cet accident.[3]

Les crevasses ne se remplissent pas de neige.

C. 31. **Les crevasses ne se remplissent pas de neige.**

Il y a des personnes qui s'imaginent que durant l'hiver les crevasses se remplissent complétement de neige. Mais c'est là une erreur : la

DA. [1] Au glacier supérieur du Grindelwald ces aiguilles sont magnifiques.
DA. [2] Ces filons se voient fort souvent.
DA. [3] Trous méridiens, baignoires, trous d'orgue, etc

neige ne les remplit jamais entièrement; elle ne fait que fermer ou plutôt boucher leur ouverture[1]. Ces sortes de ponts ou couvertures de neige ne sont pas toujours assez épaisses pour supporter le poids d'un homme, et c'est pourquoi il est si dangereux de se hasarder sur des glaciers encore couverts de neige. — Des crevasses qui, au lieu d'être verticales, sont fortement inclinées, peuvent fort bien se fermer pendant l'hiver, non par la neige, mais par un affaissement de la paroi qui surplombe, accident qui du reste peut avoir lieu en toute saison.

IV. TORRENTS DES GLACIERS.

C. 32. **Torrents des glaciers.** Torrents des glaciers.

Les crevasses ou fentes sont en quelque sorte les *artères* ou les canaux conducteurs qui distribuent l'eau de pluie et de fonte dans toute la masse d'un glacier et la *mettent en contact avec les fêlures ou fissures capillaires* qui en retiennent tout ce qu'elles en peuvent absorber. La portion d'eau qui n'est pas absorbée[2] arrive au sol, lit du glacier, dont elle suit la pente et les sinuosités jusqu'au pied du glacier, où elle reparaît au jour sous la forme d'un ou de plusieurs torrents. Le volume de ce dernier dépend de l'étendue du glacier et de son élévation; car il est bien clair que, toutes circonstances égales d'ailleurs, un petit glacier ne peut fournir autant d'eau qu'un grand, et l'on conçoit également bien qu'un glacier situé à une grande élévation ne peut éprouver une fonte aussi considérable qu'un autre qui descend dans des régions plus basses et par conséquent plus chaudes. Ces eaux sont encore augmentées par les sources qui doivent se trouver sous la plupart des glaciers.

Les eaux provenant de la fonte superficielle sont toujours salies de

1. — En règle générale les neiges qui tombent sur les glaciers bouchent les ouvertures supérieures des crevasses; exceptionnellement des crevasses peuvent se trouver complétement remplies de neiges.

2. — Absorbée, assimilée.

substances terreuses, impalpables, parmi lesquelles on reconnaît des lamelles extrêmement déliées de mica et qui, malgré leur extrême petitesse, sont encore trop volumineuses pour s'introduire avec l'eau dans les fêlures ou fissures capillaires de la glace. Ces matières proviennent de débris de roches qui, répandus sur le glacier et participant à son mouvement, éprouvent une sorte de broiement par le frottement qu'ils exercent les uns contre les autres et contre les rochers avec lesquels ils se trouvent en contact.

Ce fin limon qui caractérise les eaux des glaciers ne peut avoir d'autre origine que celle que nous venons de lui assigner.[1]

Origine des eaux qui s'échappent des glaciers pendant l'hiver.

C. 33. **Origine des eaux qui s'échappent des glaciers pendant l'hiver.**

Comme beaucoup de torrents de glaciers, peut-être la plupart, ne tarissent pas complétement pendant l'hiver, on en a conclu que la chaleur de la terre maintient le lit des glaciers à une température assez élevée pour pouvoir les fondre à leur surface inférieure.

Cependant diverses considérations me donnent la conviction que cette conclusion n'est pas juste, quoiqu'elle soit encore admise par la plupart des naturalistes. On conçoit bien que ces torrents doivent considérablement baisser dès que le froid les prive des eaux qui leur arrivent pendant l'été par la fonte superficielle de la glace. Mais si nous admettons que la chaleur terrestre soit la cause qui, fondant la glace, produit les eaux hivernales après la cessation complète de la fonte extérieure, nous ne saurions nous expliquer pourquoi ces mêmes eaux, au lieu de conserver leur volume, vont constamment en diminuant jusqu'au retour du dégel, de manière qu'elles sont à leur mi-

DA. [1] **M. de Charpentier** ajoute : « Car dès que l'arrivée du froid arrête la fonte « et par conséquent le mouvement des glaciers, les eaux se clarifient tout de suite et « restent limpides jusqu'au retour du dégel. » — Nous savons positivement par des observations directes faites pendant l'hiver de 1845 à 1846 au glacier de l'Aar par un guide intelligent, *Hans Jaun* de Meiringen, et vérifiées sur le glacier en janvier 1846 par l'ami **E. Desor** et moi, que la marche du glacier n'est pas interrompue ni arrêtée en hiver. Nous savons de plus que le limon fin que nous appelons *boue de glacier* provient principalement du frottement du glacier sur les parois latérales et sur le fond. Et de plus nous avons enlevé la neige au talus terminal et nous n'avons pas vu d'eau sortir du glacier inférieur de l'Aar. — Je dois encore ajouter que nous connaissons la quantité et le poids de cette boue charriée par le glacier de l'Aar, et que des observations directes nous ont permis de faire assez exactement le jeaugeage du torrent et de recueillir les matériaux en suspension (qui lui donnent cet aspect laiteux) dans un volume d'eau déterminé.

nimum, non pas dans les mois les plus froids, mais seulement à la fin de l'hiver.[1]

Pour se rendre compte de la cause de cette diminution, voudrait-on supposer que le froid pénètre peu à peu jusqu'au fond des glaciers et y affaiblit l'action de la chaleur terrestre? Nous objectons à cette explication l'épaisseur des glaciers, trop considérable pour que dans le courant de l'hiver le froid du dehors, quelque intense que nous le supposions, puisse le pénétrer jusqu'au fond; d'ailleurs, durant cette saison, à l'exception peut-être de l'issue du torrent, toutes les autres ouvertures communiquant avec le lit ou le fond du glacier sont couvertes de neige et rendues innaccessibles à l'air extérieur. En outre, beaucoup de nos glaciers et de nos hauts nevés se trouvent à une élévation où la température de la terre est à zéro[2]. **M. Bischof,** dans son ouvrage classique sur la température de la terre, évalue cette hauteur dans les Alpes à 6165 pieds (2002^{m},60). Mais nous ferons connaître plus loin quelques faits qui engagent à croire que les glaciers peuvent descendre bien au-dessous de cette limite sans que le sol qu'ils recouvrent se dégèle entièrement. Or, si dans beaucoup de

C. [1] Chargé depuis neuf ans de la direction des travaux que le gouvernement du canton de Vaud fait exécuter pendant l'hiver dans le but de diguer le Rhône, j'ai dû porter particulièrement mon attention sur les crues et sur les baisses de cette rivière, qui est le dégorgeoir de tous les glaciers du Valais, à l'exception du petit nombre de ceux qui se trouvent dans le voisinage du revers méridional du Simplon. J'ai toujours remarqué que les plus basses eaux n'arrivent jamais pendant les mois les plus froids, mais seulement dans la première semaine de mars, quelquefois même un peu plus tard, et qu'elles restent ensuite dans un état à peu près stationnaire jusqu'à la première semaine d'avril, où elles commencent insensiblement à grossir par la fonte des neiges des basses montagnes (700 à 1000^{m} d'élévation). Le dégel n'arrive guère dans la région des glaciers avant la fin d'avril, et il y est même encore fréquemment interrompu par des retours de froid.

DA. [2] Le volume d'eau qui sort des glaciers est en raison de l'ablation (de la fonte, fusion) de leur surface et des neiges ou nevés qui les couvrent temporairement, et généralement des eaux de neiges et de pluies qui se déversent dans le bassin que les glaciers occupent. — Dans les grands glaciers le volume d'eau influencé par ces circonstances n'est pas spontané pour l'augmentation, ni pour la diminution de la quantité d'eau. Par une chute de neige de 0^{m},60 de hauteur en vingt-quatre heures et par un froid de — 2°, toute ablation est supprimée, et si ce manque d'ablation persiste, le glacier déversera moins d'eau sans doute, mais cette diminution ne se fera sentir que le deuxième ou le troisième jour et ira en diminuant. L'augmentation se fera de même peu à peu et non instantanément. Généralement à la fin d'octobre toute ablation cesse; mais le glacier surchargé d'eau en déversera, et ce déversement pourra continuer en diminuant, et atteindra le minimum très-tard (voyez paragraphes DA., *Glaciers en activité*).

cas leur lit ne se dégèle pas pendant l'été, comment pourrait-on raisonnablement admettre qu'il dégelât pendant l'hiver et qu'il y eût un excédant de calorique capable de fondre les glaciers par leur face inférieure? Enfin **M. Bischof** a déjà démontré de la manière la plus évidente que la température sous un glacier diffère très-peu pendant l'été de celle qui règne pendant l'hiver. En effet, s'il existe quelque différence, elle ne peut être sensible que dans les endroits où les eaux et les courants d'air ont accès; mais elle doit être nulle partout où la glace est en contact immédiat avec le sol et à l'abri de ces agents calorifères.[1]

Il suit de ce qui vient d'être dit qu'il n'est nullement probable que ces eaux hivernales soient le résultat de la fusion des glaciers par leur face inférieure. Il paraît au contraire plus naturel de les attribuer à des sources qui débouchent sous les glaciers et qui, venant d'une certaine profondeur, y arrivent dans un état plus ou moins thermal, c'est-à-dire ayant une température plus élevée que la localité où elles ont leur issue. Par conséquent, s'il y a quelquefois fusion dans cette saison, elle ne peut être occasionnée que par le contact de la glace avec ces eaux ou avec leurs vapeurs. Ces sources, provenant des eaux qui durant la saison chaude s'infiltrent dans les fentes et les fissures des montagnes environnantes, doivent donc diminuer dès que le froid arrête les pluies et la fonte des neiges et aller toujours en baissant[2] jusqu'au moment où le retour du dégel rétablit les infiltrations.

De cette manière nous pouvons nous rendre compte de l'origine des eaux hivernales des glaciers sans avoir recours à la chaleur de la terre et comprendre facilement pourquoi ces torrents vont constamment en diminuant jusqu'à la fin de l'hiver, et pourquoi plusieurs d'entre eux tarissent même avant cette époque. Enfin l'existence de sources dans la région des glaciers est un fait que quiconque a visité les Alpes avec un peu d'attention ne révoquera jamais en doute.[3]

C. [1] On a vu des grottes ou excavations, creusées par le torrent dans la glace, dégoutter de l'eau de la face inférieure du glacier, et on n'a pas manqué de l'attribuer à l'action de la chaleur terrestre, tandis qu'elle provenait tout bonnement tant de la fonte opérée par l'air ambiant que des filtrations de l'eau extérieure au travers de la glace fêlée et fissurée.

DA. [2] Elles finissent par devenir nulles.

C. [3] Il y a encore un fait qui prouve l'existence de sources dans la region des neiges permanentes, mais que je n'ai rencontré que dans les Pyrénées. Je veux parler

C. 34. **Faits qui tendent à prouver que le lit des glaciers ne dégèle pas.**

Faits qui tendent à prouver que le lit des glaciers ne dégèle pas.

Maintenant nous allons faire connaître les faits qui, quoique en petit nombre, tendent néanmoins à prouver, comme nous l'avons dit (C. 33), que, lors même que les glaciers descendent au-dessous de la ligne où la température de la terre est à zéro, leur lit ne dégèle pas.

L'un de ces faits est tiré du glacier inférieur de Gièt roz [1], dans la vallée de Bagnes, le même qui, déjà en 1595 et plus tard en 1818, barra la vallée, en arrêta le torrent appelé la Drance, le fit refluer

de ces amas d'eau dont la surface reste gelée toute l'année. Le plus remarquable est le lac glacé de l'Oo, au pied du Port * (Col) du même nom, au fond de la vallée de Larboust, à 7 heures de marche au-dessus de Bagnères-de-Luchon. Ce lac est à 8166 pieds (2622^{m}) au-dessus de la mer; il occupe le fond d'un bassin ou plutôt d'une sorte d'entonnoir entouré de hautes montagnes de granit et de gneiss; les pentes rapides de ces dernières sont couvertes de glaciers et de hauts nevés qui, du côté de l'Est, du Sud et de l'Ouest, descendent jusqu'aux bords du lac et présentent l'aspect le plus imposant. La forme de ce lac est à peu près ovale et le grand axe est dirigé E à O. Sa longueur est à peu près 200 mètres et sa largeur 120 mètres. J'ai trouvé sa surface entièrement gelée le 10 septembre 1810 et le 4 octobre 1811. Les gens du pays m'ont assuré qu'il ne dégelait jamais. La glace était parfaitement unie, d'un gris bleuâtre partout où elle n'était pas couverte d'une mince couche de neige ou plutôt de givre. On y remarquait quelques crevasses remplies de glace, évidemment produites par un changement du niveau des eaux qui se trouvent dessous. Celles-ci se dégorgent au travers des rochers de l'enceinte septentrionale par un canal souterrain dont l'issue se trouve au bas de la commune de la Bègue, et elles donnent lieu à une forte et belle source. La glace n'a point la structure grenue de celle des glaciers, elle est parfaitement semblable à la glace ordinaire. Un lac un peu plus petit et ne dégelant pas non plus de toute l'année se trouve à peu de distance à l'Est de celui d'Oo et n'en est séparé que par la montagne appelée la Penna-de-Montarqué. Enfin le lac du Mont-Perdu et ceux d'Eston-Soubiran, au fond de la vallée de Cauterez, conservent leur glace jusqu'à la fin d'août. Ces derniers ne montraient aucune trace de dégel lorsque je les visitai le 25 juillet 1809; mon guide, chasseur d'isards de Cauterez, m'assura que dans les années froides ils ne se dégèlent pas du tout.

C. [1] Ce glacier est formé par les éboulements de glace qui pendant la belle saison se détachent tous les jours d'un vaste glacier supérieur. Ces glaces atteignent dans leur chute un couloir profond et rapide qui les verse toutes brisées au pied de la montagne, où en s'accumulant elles barrent la vallée. La pluie et la fonte ne tardent pas à cimenter ces fragments et à changer le tout en une masse solide, ayant tous les caractères des vrais glaciers. Il n'est pas rare dans les Alpes de rencontrer de petits glaciers qui ne sont autre chose que les éboulements accumulés de quelque glacier supérieur. Ainsi, par exemple, le petit glacier de **Barme-neyre**, au-dessus de la montagne de Vosey, est formé par les avalanches de glace qui se détachent dans cette localité du glacier des Diablerets.

DA. * Dans les Pyrénées on appelle *Port* ce que nous désignons dans les Alpes par *Col*.

et le transforma en un lac de 4 kilomètres de longueur qui, le 16 juin à 4 heures du soir, par une rupture du glacier, s'écoula tout à coup et dévasta le fond de la vallée jusqu'à la rencontre du Rhône au-dessous de Martigny. Pour prévenir le retour d'un événement aussi désastreux pour la contrée, le gouvernement du canton de Valais y fait faire toutes les années, depuis 1821, des travaux dans le but de maintenir ouvert le canal ou plutôt la galerie par laquelle le torrent passe sous cette barre de glace. Pour obtenir ce résultat on enlève une portion du glacier jusqu'à son lit, formé de gravier entremêlé de quelques gros blocs de roche.

On commence ordinairement ce déblaiement vers le milieu de juin et on le continue jusque vers la mi-octobre. Eh bien, toutes les années, depuis le commencement du travail jusqu'au moment où on l'arrête à cause du retour de la mauvaise saison, on a trouvé le lit du glacier gelé, à l'exception d'une bande d'environ 3 mètres de largeur qui longe le torrent et où le terrain a été dégelé par les infiltrations de la Drance et probablement aussi par le courant d'air qui doit exister entre la surface de l'eau et la voûte du glacier.

Nous avons donc ici l'exemple d'un lit de glacier qui ne dégèle pas toute l'année, quoiqu'il ne soit qu'à 5538 pieds (1799^{m}) au-dessus de la mer, et par conséquent à 627 pieds (203^{m},66) au-dessous de la ligne où la température moyenne de la surface de la terre est à zéro. C'est du reste le seul exemple à moi connu où une portion d'un lit de glacier soit mise à nu toutes les années par des travaux réguliers.

Un second fait que nous allons indiquer n'a pas été fourni comme l'autre par l'observation directe de la congélation d'un lit de glacier, mais par une circonstance relative à la végétation et qui sans cette congélation n'aurait pu avoir lieu. Voici de quoi il s'agit :

Lorsque les glaciers peuvent s'élargir sans obstacle et qu'ils rencontrent un terrain graveleux donnant facilement passage à l'eau, ils l'envahissent sans le bouleverser (C. 16) et recouvrent ainsi les végétaux qui peuvent s'y trouver. En 1818, année où les glaciers avaient pris un développement extraordinaire, le glacier du Tour (vallée de Chamounix) atteignit les prairies du hameau qui lui a donné son nom et y bouleversa les terres et le gazon. Mais avant d'y arriver il avait déjà recouvert un de ces terrains graveleux et incultes, sorte d'atterrissements qu'on désigne dans la Suisse française par le nom de *glariers*, et qui sont presque toujours le résultat

du débordement des torrents. En août 1823 je trouvai le glacier considérablement diminué. Il avait abandonné non-seulement les prairies, mais aussi en grande partie le *glarier* dont je viens de parler. Sur ce terrain nous trouvâmes plusieurs grosses touffes de *Trifolium alpinum*, de *Trifolium cæspitosum*, de *Geum montanum* et de *Cerastium latifolium*. La place où étaient ces plantes ne pouvait avoir été abandonnée par le glacier que depuis une année tout au plus. Elles n'avaient pu y croître depuis sa fonte, parce qu'elles sont vivaces et exigent toutes un temps très-long pour acquérir un développement tant soit peu considérable [1]. Elles devaient donc s'y trouver déjà avant l'envahissement du terrain par le glacier et avoir acquis précédemment le développement qu'elles présentaient en 1823. Elles avaient été ensevelies sous la glace au plus tard en 1817 et n'en avaient été débarrassées qu'en 1822. Ces plantes étaient donc restées pour le moins quatre ans entièrement recouvertes par le glacier et privées de lumière. Mais pour qu'elles aient pu se conserver aussi longtemps dans l'obscurité sans périr, il faut nécessairement admettre que le terrain a été gelé pendant tout le temps que le glacier le recouvrait; car sans cette condition l'humidité et l'absence de lumière auraient fait immanquablement pourrir ces plantes. Nous ajouterons que la localité où nous les trouvâmes est à peine à 4700 pieds (1526^{m}) au-dessus de la mer. [2]

MM. Venetz et **Thomas** ont fait des observations tout-à-fait semblables, relativement aux glaciers des vallées d'Hérens, de Viège et de Saas. Il existe chez les habitants de Zermatt des traditions dont nous ne voulons pas garantir l'exactitude, mais d'après lesquelles le glacier de Gorner, ayant envahi près du hameau d'Arolei des champs fraîchement ensemencés d'orge, y aurait séjourné

C. [1] Un pied de *Trifolium alpinum* exige au moins une quarantaine d'années pour former une racine de 25 à 30 centimètres de longueur, ce qu'on peut aisément reconnaître par les stipules des feuilles radicales dont les vestiges se conservent fort longtemps.

DA. [2] Le sol directement sous ce glacier était certes à zéro; les racines des plantes se trouvèrent dans l'humidité à zéro, mais cette humidité du terrain peut parfaitement être à l'état liquide non gelé à zéro, et à cette température la décomposition des racines n'a pas lieu. Zéro de température est le degré de température de toute matière gelée à l'état où cette matière se fond (matières gelées fondantes). Mais des observations nombreuses disent que l'eau peut conserver son état liquide à l'état de repos, non agitée à plusieurs degrés au-dessous de zéro (voyez *Glaciers en activité*, paragraphes DA

deux ans, au bout desquels il se serait retiré; la graine alors, n'ayant rien perdu de sa faculté germinale, aurait levé et mûri.

Enfin nous citerons un troisième fait qui serait inexplicable si la température du sol qui se trouve en contact immédiat avec la glace était au-dessus de zéro. Nous voulons parler de ces franges de neige ou de glace qu'on voit fréquemment attachées en forme de corniche aux parois des rochers qui bordent les glaciers ou les hauts nevés et qui en sont séparées par une crevasse.

Quand cet accident, très-commun dans les Alpes, se rencontre à de grandes élévations, on trouve fréquemment une frange de nevé ou de glace attachée en forme de corniche à la paroi du rocher qui constitue l'un des côtés de la crevasse. Certes cette frange ne pourrait adhérer au rocher et se maintenir si elle n'était collée à la paroi par la gelée. Mais cette adhérence par congélation ne pourrait avoir lieu si la température de la paroi, contre laquelle la corniche est fixée, était au-dessus de zéro.[1]

Nous sommes cependant bien éloignés de conclure de ces faits que la température du lit d'un glacier soit à zéro sur toute son étendue. Nous croyons au contraire qu'elle est au-dessus partout où le lit est en contact avec l'eau, opinion confirmée par l'observation rapportée plus haut, de la bande de terrain dégelé le long de la Drance sous le glacier de Giètroz.

Il doit en être de même dans les endroits où l'air extérieur peut avoir accès, ainsi que le long des bords, surtout au pied des glaciers. Mais partout où il y a contact immédiat entre le sol et la glace, nous pensons que la température ne peut jamais s'élever au-dessus de zéro et que par conséquent il ne peut y avoir de dégel dans aucune saison.[2]

C. [1] J'ai appris qu'il existe des localités dans les tourbières de la Brévine, dans le Jura neuchâtelois, où à quelques pieds de profondeur le sol ne dégèle pas de toute l'année. Ce fait, qui m'a été rapporté par le fondateur même de la géologie actuelle, prouve jusqu'à l'évidence, à ce qu'il me semble, que la chaleur terrestre n'exerce pas à la surface de la terre dans nos climats une action aussi puissante que le supposent ceux qui lui attribuent la fonte des glaciers par leur face inférieure.

C. [2] Voyez sur la température des lits de glacier le chapitre IX de l'ouvrage de **M. Bischof**, où ce savant physicien a traité ce sujet avec autant de profondeur que de lucidité et où il est conduit à ce résultat, que la température moyenne d'un lit de glacier est à zéro. Nous admettons bien cette température moyenne pour toutes les portions du lit où l'air et l'eau ont accès. Mais là où ces agents caloriferes ne peuvent pas parvenir, c'est-à-dire partout où il y a contact immédiat entre le lit et la glace, la température doit être au-dessous de zéro pour s'accorder avec les faits que nous venons

C. 35. **Sillons dans les lits de glaciers.**

Sillons dans les lits de glaciers.

Lorsque le lit d'un glacier est un calcaire compacte à pâte fine et homogène, les eaux qui dégouttent des crevasses dissolvent les roches et y produisent ainsi des creux ou des sillons, selon que l'eau tombe par filet ou par nappe[1]. On n'en rencontre jamais sur les granits, les schistes quartzeux, micacés ou talqueux, ni guère sur les calcaires mélangés de sable ou d'argile. Nous sommes donc autorisés à croire que ces excavations sont produites plutôt par voie de dissolution que par l'action mécanique de l'eau. Elles ont quelquefois de 3 à 5 mètres, même jusqu'à 7 mètres de profondeur; leur largeur varie de quelques centimètres jusqu'à 1 mètre. Mais dans la profondeur et vers les extrémités elles vont en se rétrécissant pour se terminer en coin. Comme nous n'avons pas trouvé de ces sillons remplis d'eau, nous pensons qu'elle s'écoule par des fissures tant accidentelles que de stratification. Il est même probable que ces fissures verticales et peu ouvertes provoquent fréquemment ces érosions, ou du moins qu'elles les favorisent. On rencontre dans les Alpes calcaires des localités où ces sillons très-rapprochés occupent une grande étendue de terrain. Les montagnards de la Suisse française appellent ces endroits des *lapis*, et ceux de la Suisse allemande leur donnent le nom de *Karrenfelder*, les comparant à des champs sur lesquels les charrettes auraient produit des ornières.[2]

Karren, Karrenfelder. (Lapis.)

de rapporter. Sans la température de la terre, dont nous ne nions pas l'influence, elle serait encore plus basse."

C. [1] En août 1819 je visitai le glacier des Diablerets qui, cette année-là, allait en diminuant; je trouvai sur le bord oriental une sorte de grotte dont la voûte était fort surbaissée et qui permettait de voir le lit du glacier sur une étendue d'environ 5 mètres en carré. Il était formé de calcaire noir, compacte, appartenant probablement à la craie. La surface en était parfaitement nue et présentait plusieurs de ces sillons parallèles de 1m à 1m,30 de profondeur et de 18 à 20 centimètres de largeur. Ils étaient tous vides, quoique quelques-uns se trouvassent précisément sous des fentes peu ouvertes du glacier, d'où s'écoulait de l'eau qui tombait goutte à goutte dans le sillon correspondant sans le remplir; ces eaux trouvaient une issue, probablement par les fissures de stratification.

C. [2] **M. Frœbel** indique une autre étymologie du mot *Karrenfeld* en le dérivant de la langue gallique, dans laquelle *Carr* signifie rocher, et *Carn* monceau de pierres. Voyez son intéressante relation d'une excursion dans les vallées d'Hérens, d'Anniviers et de Tourtemagne, p. 3.

DA. [1] Le terrain qui supporte le glacier est toujours à zéro, zéro glace fondante; mais il peut être aussi à des fractions de degrés au-dessous de zéro, et alors le terrain sera adhérent.

Je n'aurais pas fait mention de cet accident peu intéressant par lui-même, s'il ne fournissait un indice de plus pour reconnaître l'ancienne étendue d'un glacier.

V. RÉPONSES A DES OBJECTIONS.

Réponses à des objections.

C. 36. **Réponses à des objections.**

Après avoir exposé les principaux phénomènes des neiges permanentes des Alpes [1], il nous reste encore à répondre aux objections qui nous furent faites le 13 septembre 1838, lorsque nous fîmes part de nos idées sur les phénomènes des glaciers, mais verbalement et très en abrégé, à la Section géologique de la Société helvétique des sciences naturelles réunie à Bâle. La première objection qui nous fut faite avait trait à la congélation nocturne de l'eau absorbée par les fêlures ou fissures capillaires de la glace. On la mit en doute par la raison que l'épaisseur des glaciers est trop considérable pour que la différence entre la température du jour et celle de la nuit puisse se faire sentir et produire quelque effet dans l'intérieur de ces énormes masses de glace. Cette objection serait en vérité sans réplique si les glaciers présentaient une masse compacte exempte de pores et de fissures, de manière que ni l'eau ni l'air ne pussent parvenir dans leur intérieur. Mais on sait qu'il n'en est point ainsi; au contraire, les glaciers sont coupés par une multitude de crevasses et de fentes,

C. [1] J'ai entièrement passé sous silence la neige rouge qu'on rencontre assez fréquemment dans diverses contrées de nos Alpes. Le premier motif de cette omission, et sans doute la plus plausible, c'est que, ne m'étant guère occupé de cet objet, j'aurais été réduit à copier et à répéter ce que les autres en ont dit; le second, que la neige rouge, ou pour parler plus exactement, que les corps qui lui communiquent cette couleur appartiennent aussi peu au domaine de la physique et de la géologie que les bouquetins et les chamois qui habitent également la région des neiges permanentes; ces corps sont entièrement du ressort de la botanique et de la zoologie. Cette lacune dans mon travail est d'autant moins à regretter que **M. Schuttleworth** vient de terminer sur cet objet un Mémoire étendu et fort intéressant, maintenant inséré dans la *Bibliothèque universelle de Genève*, février 1840.

[illegible] fissures ou fissures qui les traversent en tout sens sont si nombreuses, qu'elles deviennent la cause de la structure grenue de la [illegible].

Le maximum de température des glaciers ne peut jamais être au-dessus de zero: l'eau qui s'introduit dans l'intérieur doit être d'une température bien voisine du point de congélation, puisqu'elle provient principalement de la fonte des glaces et des neiges avec lesquelles [illegible] elle a été constamment en contact, et que cette eau ne peut guère amener avec elle plus de calorique qu'il ne lui en faut pour se maintenir liquide et pour empêcher la congélation de celle qui a été [illegible] par les pores et les fissures capillaires.

« On réfléchit, disons-nous, à toutes ces circonstances, on concevra sans peine comment le refroidissement nocturne de l'air peut agir sur tous les points de l'intérieur des glaciers, comment ce refroidissement, quelque faible qu'il soit, arrête la fonte superficielle, comment il prive ainsi l'eau retenue dans la glace de son unique source de chaleur et peut provoquer une prompte congélation qui, en dilatant la glace, produit de nouvelles fissures. »

Une autre objection se rapportait à la dilatation de la glace. On prétendit que le frottement des glaciers contre leur lit devrait opposer à la force expansive une résistance trop considérable pour qu'elle pût agir dans le sens de la longueur; par conséquent, au lieu de les allonger ou de les faire avancer, la dilatation ne devrait agir que du bas en haut ou dans le sens de l'épaisseur, et ne produire d'autre effet que de bomber ou de faire gonfler la surface, ce qui cependant n'arrive pas d'une manière aussi prononcée que cela devrait être si cette expansion existait réellement.

L'objection serait fondée si la dilatation n'avait lieu que dans une portion du glacier. Mais comme l'expansion de la glace n'est pas partielle et qu'elle a lieu dans toute la masse du glacier, ces renflements que l'objection réclame ne peuvent pas se produire et leur absence ne fournit pas un argument contre l'opinion qui attribue l'avancement et en général le mouvement des glaciers à la congélation de l'eau dans leur intérieur. La dernière objection qui nous fut faite avait également rapport à la dilatation et était tirée de la structure de la glace.

[1] L'eau à sa sortie par la voûte du glacier est à zero (glace fondante) de jour et de nuit. L'eau sur la surface du glacier est à zero jour et nuit. — L'eau qui traverse les fissures capillaires des glaciers est élaborée, assimilée jour et nuit. — La masse du glacier, son extension dans tous les sens, est mathématiquement rigoureusement et positivement la même jour et nuit: pas la moindre différence jamais en aucun

On prétendit que sa porosité est une circonstance incompatible avec son expansion.

Nous répondons à cette objection que la porosité de la glace, loin d'empêcher la dilatation, en est au contraire la condition indispensable. En effet, sans les pores et les fissures capillaires il n'y aurait point d'absorption d'eau, la congélation répétée dans l'intérieur ne pourrait pas avoir lieu, et par conséquent les glaciers seraient privés de leur seule cause de mouvement.[1]

De CHARPENTIER.

DA. [1] L'eau qui traverse les pores, fissures capillaires, etc...., est assimilée par les glaciers.... Dilatation est produite dans tous les sens.... (augmentation de volume).... Cette assimilation (transformation de l'eau liquide à l'état solide) est la seule cause du mouvement des glaciers (Voyez *Glaciers en activité*, paragraphes DA.).

...Assimilation, assimiler. Phys. : transformer en sa propre substance les matières puisées en dehors *(Dictionnaire de Bescherelle)*.

MATÉRIAUX

POUR

L'ÉTUDE DES GLACIERS.

GLACIERS EN ACTIVITÉ DANS LES ALPES.[1]

Division des glaciers.

A. 1. **De Saussure** déjà a divisé les glaciers en deux catégories :

Glaciers de premier ordre, qui sont renfermés dans des vallées plus ou moins profondes; qui, bien que très-élevées, sont cependant dominées de tous côtés par des montagnes encore plus hautes.

Glaciers de second ordre, ne sont point renfermés dans des vallées, mais sont étendus sur les pentes des hautes sommités.

Les glaciers de premier ordre ont en général une pente assez douce de 3 à 10°, tandis que la pente des glaciers de second ordre est toujours plus forte, de 15 à 50° et au-delà.

.... Pour qu'un grand glacier puisse se former, deux conditions sont requises :

1° Il faut qu'il y ait à l'origine de la vallée un cirque élargi et à fond plat où les neiges puissent s'entasser en grande quantité comme dans les cirques d'Aletsch, du Lauter-Aar, du Rhône et du Gauli.

2° Il faut que ces cirques soient situés au-dessus d'une certaine limite, qui doit être d'au moins 2600 à 2700^{m} dans les Alpes.

[1] Extrait de : *Système glaciaire ou Recherches sur les glaciers, leur mécanisme, leur ancienne extension et le rôle qu'ils ont joué dans l'histoire de la terre, par* **MM. L. Agassiz, A. Guyot et E. Desor.** — *Nouvelles études et expériences sur les glaciers actuels, leur structure, leur progression et leur action physique sur le sol, par* **L. Agassiz**; avec un Atlas de cartes et de planches, 1 vol. in-8. Paris, **Victor Masson**, place de l'École-de-Médecine, à Paris; 1847. — Les observations, hypothèses, théories et conclusions imprimées en petits caractères ne sont pas confirmées par nos recherches de 1841 à 1842

.... Les grands glaciers sont un phénomène mixte à la fois *orographique* et *climatologique*.

Influence du climat et de la température.

A. 2. *Limite des neiges persistantes* (temporaires) fixée par :

De Saussure à 2530^{m} alt.

De Humboldt à 2708^{m} alt.

Rendu (chanoine) à 2920^{m} alt.

Dans les années communes cette ligne n'oscille guère sur les glaciers de l'Aar [1] qu'entre 2540 et 2550 mètres. — Ces oscillations sont bien plus faibles que celles qui s'observent sur les montagnes, puisqu'en 1842 la ligne des neiges était sur le flanc du Mieselen (branche du Lauter-Aar) de 400 mètres plus haute qu'en 1843. A la première époque elle s'élevait à plus de 3000 mètres, tandis qu'en 1843 elle ne dépassait pas 2600 mètres.

.... Les températures extrêmes ne sont favorables ni à la formation ni au développement des glaciers. On sait que la neige, qui constitue la *matière première du glacier*, ne tombe pas en grande quantité par les températures basses, par la raison qu'alors l'air ne peut contenir qu'une très-petite quantité de vapeur d'eau. S'il neige par de grands froids, c'est en petits cristaux et jamais il en résulte des couches bien épaisses. Les grandes chutes de neige ont lieu par une température de zéro et au-dessus, et c'est pour cela qu'elles sont le plus fréquentes en automne et au printemps (qui sont encore l'hiver en hautes régions). Nous n'avons aucun indice que les hivers rigoureux soient plus neigeux que d'autres. C'est au contraire l'inverse qui a lieu, par la même raison qui fait que la neige n'est pas excessivement abondante dans les pays froids.... Les glaciers, loin de profiter du froid, y perdent au contraire, parce qu'ils ne sont pas approvisionnés de neige. — Supposez qu'à un hiver très-froid et peu neigeux succède un été très-chaud [2], la couche de neige, si elle est peu épaisse, sera bientôt dissoute, elle ne protégera que fort peu de temps la surface du glacier, celui-ci subira une ablation considérable et finira par s'épuiser. C'est pour cela que bien des régions, dont la température moyenne est égale à

Les glaciers ne profitent pas du froid.

DA. [1] En 1861 et 1862, par suite des faibles chutes de neiges de l'année et des fortes ablations de l'été, les neiges et nevés qui couvrent les glaciers avaient presque totalement disparu et il ne restait que des taches partielles, ce qui prouve qu'elles ne sont nullement éternelles, ni même persistantes très-longtemps, mais simplement temporaires, et que la limite des neiges dites éternelles varie toutes les années : non-seulement elle varie, mais ces neiges finissent par disparaître, par être remplacées.

DA. [2] Zénith Outremer et l'ami Soleil une vérité.

celle de nos Alpes, n'ont pas de glaciers; les hivers y sont trop froids et les été trop chauds.

Hygrométrie. Influence de l'hygrométricité de l'air sur l'eau à l'état solide (gelée) et liquide.[1] Hygrométrie.

A. 3. **M. Rendu** (évêque d'Annecy) divise les glaciers en deux régions, savoir :

Glaciers d'écoulement. Partie inférieure des glaciers qui descend dans la région des cultures.

Glaciers réservoirs. Toutes les régions supérieures, c'est-à-dire ces espaces où la neige d'hiver ne fond plus, mais où elle se transforme en glace.

Nous admettons (dit **M. Agassiz**)[1] dans chaque glacier trois régions, qui ont chacune leur caractère et leur physionomie propres, savoir :

1° La glace compacte; 2° le nevé; 3° les champs de neige.[2]

A. 4. Le glacier inférieur de l'Aar (Unter-Aar), d'où s'échappe la principale source de l'Aar, est situé entre les 46°, 33', 30" et 46°, 34', 45" latitude Nord, et les 5°, 50' et 5°, 56', 45" longitude Est de Paris. — Il est compris en entier dans le massif géologique que **M. Studer** désigne sous le nom de *massif du Finster-Aarhorn.* Glacier de l'Aar (Unter-Aar).

Géodésie. — Géographie. — Glaciers latéraux. — Truelles. — Tableau de la pente du glacier inférieur de l'Aar (Unter-Aar) en 1842.

Longueur totale depuis la pente terminale jusqu'à l'Abschwung, 7920 mètres.

Altitude du sol à la pente terminale, 1887^{m},6.

DA. [1] Voyez le chapitre *Hygrométrie* dans nos *Matériaux pour l'étude des glaciers.*

DA. [2] Les anneés se suivent et ne se ressemblent pas. — L'aspect des glaciers en général, leur caractère et leur physionomie ne sont pas éternels, ils sont temporaires. Nos observations de 1844 à 1862 nous disent : que sous les nevés, nous trouvons généralement le glacier dans les hautes altitudes à l'état d'embryon plus ou moins développé; que les neves qui couvrent les glaciers sont souvent eux-mêmes couverts de neige fraîche, mais que ces couvertures ne sont que temporaires, plus ou moins persistantes. En 1861 et 1862 il ne restait dans les Alpes que des taches de nevé et de neige partielles, locales, et le glacier (glace compacte) était à découvert généralement partout. Du Grimsel à Grindelwald le trajet se faisait par la Strahleck sans marcher un seul instant ni sur du nevé, ni sur de la neige. — On montait la pente abrupte de la Strahleck sur roche découverte; on voyait la moraine sur le glacier, et on pouvait poursuivre sa marche depuis la base de la paroi abrupte de la Strahleck jusqu'à sa pente terminale. — Dans le cirque de la Finster-Aar nous avons vu des tables de glaciers sur des piédestaux très-élevés, des cônes graveleux, etc., et l'eau couler à la surface.

Altitude de la moraine médiane à l'Abschwung, 2490^{m}, sur un parcours de 7920^{m}; différence, 602^{m},4.

Pente générale, 0^{m},076, soit 4°, 20', 24".

Profil longitudinal de la grande moraine médiane.

Inclinaisons des glaciers latéraux. — Glacier du Grünberg, 32°. — Glacier du Zinckenstock, 38°, — 41°, — 49°, moyenne, 38°. — Glacier de la Trift, 20 à 25°. — Truelle de l'Escherhorn, 40°. — Épaisseur des glaciers. — Relief du glacier de l'Aar. — Physionomie du glacier de l'Aar. — Crevasses. — Puits ou moulins. — Baignoires. — Trous méridiens. — Ravines. — Falaises. — Lacs. — Moraines. — Moraines au point de vue géognostique. — Tables de glaciers. — Cônes de gravier.

Différentes phases des glaciers.

A. 5. **Différentes phases des glaciers.**

Neige. — Quantité de neige qui tombe dans les Alpes. — *Neige rouge.*

.... **M. Basswitz** a continué à son tour des études pendant la campagne de 1845, et j'ai pu me convaincre par le travail encore inédit qu'il a bien voulu me communiquer, qu'à côté des formes animales observées par **MM. Schuttleworth** et **Vogt,** la neige contient aussi un grand nombre de globules rouges qui sont évidemment des spores d'algues, puisqu'on les trouve de temps en temps enfoncés dans leurs cellules. — Le résultat principal qui découle de ces observations, c'est que la neige non plus que la glace n'est pas un élément désert, mais qu'elle est habitée par des myriades de petits êtres non moins parfaits dans leurs espèces que les animaux terrestres et ceux qui vivent au sein des eaux.

Nevé. — Glace. — Glace de nevé. — Glace compacte (glace de glacier). — Fissures superficielles. — Fissures capillaires. — Densité de la glace.

Expériences d'infiltration.

A. 6. **Expériences d'infiltration.**[1]

Si la liaison que nous avons cherché à établir entre les fissures capillaires et les transformations que la glace des glaciers subit dans son cours sont fondées; en d'autres termes, si les fissures sont généralement l'agent que la nature emploie pour opérer ces transformations, il s'ensuit qu'elles ne peuvent pas être un phénomène super-

DA. [1] Je transcris en entier les expériences d'infiltration des persévérants observateurs et amis **Agassiz** et **Desor.** — Elles sont pleinement confirmées par nos recherches de 1844 à 1862.

ficiel comme on l'a prétendu, mais qu'elles sont répandues dans toute la masse du glacier. Il s'agit maintenant de montrer qu'elles sont réellement les canaux naturels par lesquels les liquides sont transmis à toutes les parties du glacier; c'est ce que je prouverai par les expériences suivantes :

Dès 1842 j'emportai avec moi au glacier de l'Aar des substances colorantes de différentes espèces et en assez grande quantité pour pouvoir faire des expériences d'infiltration sur une grande échelle, entre autres du *chromate de potasse* et un baril de teinture (extrait) de *bois de campêche* très-concentré, préparés exprès pour cet usage par les soins obligeants de **M. Henri Dupasquier.**

Les premiers essais furent faits sur l'affluent du Finster-Aarhorn, près de l'hôtel des Neuchâtelois, où j'avais fait forer plusieurs trous de 60 centimètres de profondeur et de 10 centimètres de diamètre. Je versai dans chaque trou un litre de teinture de campêche. Comme les trous étaient placés au bord d'un fossé creusé pour l'écoulement des eaux, je vis au bout d'une demi-heure quelques taches jaunes apparaître au-dessous de l'un d'eux; bientôt la teinture suinta par toutes les fissures, et après dix heures de temps le trou se trouva complétement vide. Il est évident que, tout en filtrant de haut en bas, une partie de la teinture s'était épanchée latéralement par les fissures capillaires et avait ainsi occasionné la tache au fond du fossé. — Le lendemain le second trou était également vide et l'on apercevait des taches analogues sur les parois du fossé à plus d'un metre de la surface.

Cette première expérience aurait pu suffire au besoin pour démontrer qu'il y a dans le fait des fissures capillaires plus qu'un phénomène superficiel. Il s'agissait maintenant de la répéter en grand à travers une épaisseur de glace plus considérable. La difficulté était de trouver un emplacement d'où l'on pût observer le passage du liquide. Je finis par découvrir, dans la partie la plus crevassée de l'affluent du Lauter-Aar, au milieu de la bande transversale, un endroit qui me parut convenable. C'était une sorte d'isthme de 5 mètres de largeur entre deux immenses crevasses; je jugeai qu'en se plaçant dans une galerie qu'on creuserait d'une crevasse à l'autre on pourrait non-seulement connaître rigoureusement le temps que la teinture mettrait à traverser une épaisseur de glace donnée, mais encore suivre de près la manière dont elle se propage d'une fissure à l'autre. Je commençai par faire tailler des escaliers sur les parois des crevasses, et après

avoir reconnu l'état de la glace, je fis ouvrir à 8 mètres au-dessous de la surface la galerie à laquelle je donnai $1^m,30$ de hauteur et 1 mètre de largeur. Quand on l'eut poussée jusqu'à 3 mètres, je fis forer à la surface un trou de $1^m,70$ de profondeur sur $0^m,10$ de diamètre, en sorte que la couche de glace entre le fond du trou et le toit de la galerie était de 5 mètres. Je versai dans le trou 5 litres de teinture de campêche. C'était à midi, par une belle journée du mois de juillet. Deux heures après le versement apparurent à l'angle supérieur du toit de la galerie les premières nuances de coloration sous la forme d'une large tache jaune, qui gagna insensiblement de haut en bas et latéralement. Bientôt la paroi entière du fond de la galerie en fut envahie et une eau jaune dégouttait de toutes les aspérités du toit. Je mis la plus scrupuleuse attention à observer la manière dont la tache se propageait, et je vis que le liquide coloré envahissait successivement toutes les fissures en s'y introduisant par saccades. Quelques endroits étaient plus colorés que d'autres, mais il n'y en avait pas qui restassent épargnés.

J'enlevai avec la hache des fragments de glace dans les endroits où la coloration était la plus intense, et je vis distinctement que la couleur *n'occupait que les fissures capillaires*, tandis que les fragments de glace eux-mêmes étaient entièrement incolores. Au bout de deux heures toute la couleur avait passé outre et continuait de filtrer dans la profondeur. Il ne restait plus que quelques petites taches orangées à l'angle de la galerie. Cette expérience fut répétée à plusieurs reprises; la teinture mettait moins de deux heures pour atteindre le toit de la galerie.

Maintenant qu'il m'était démontré par une série d'expériences que les liquides filtrent à travers la glace la plus compacte, je fus curieux de savoir de quelle manière la température de la nuit agit sur l'infiltration. Ceci m'engagea à répéter l'expérience de nuit, et le soir du 1er août je me rendis à cette fin avec mon ami **Escher** (de la Linth) à la galerie. Après nous être assurés qu'il ne restait aucun vestige des expériences précédentes, je versai vers neuf heures 2 litres de teinture de campêche dans le réceptacle supérieur. Le ciel était serein et le thermomètre marquait en ce moment $-0°,6$ c dans l'air. Comme cette température régnait déjà depuis le coucher du soleil et que la surface du glacier était complétement gelée, je craignais que l'infiltration ne fût arrêtée par le froid. Je fus d'autant plus surpris lorsque je vis déjà au bout de cinq minutes des taches jaunes de la

galerie. Je remarquai en même temps que les fissures étaient beaucoup plus nettes que de jour sur les parois de la galerie. Il y en avait même qu'on distinguait jusqu'à la profondeur d'un mètre. Loin donc de gêner la circulation, le froid de la nuit semblait au contraire la favoriser. Quel pouvait être la cause de cette accélération inattendue? L'examen de la glace elle-même devait nous l'apprendre. On vient de voir que les fissures étaient plus distinctes que de jour, d'où il faut conclure, d'après les expériences rapportées ci-dessus, qu'elles étaient en partie vides, du moins les plus grandes. Or, cela étant, il est évident que la circulation devait s'y faire avec une extrême facilité. De jour les fissures sont moins distinctes, parce qu'elles sont remplies d'eau; aussi la circulation est-elle beaucoup plus lente. La fonte supérieure entretient le glacier dans un état de saturation à peu près complet, qui fait obstacle au prompt écoulement de la teinture aussi longtemps que la fonte dure. Supprimez l'obstacle ou, en d'autres termes, attendez que la fonte ait cessé et que l'eau se soit en partie écoulée des parties superficielles du glacier, et vous aurez une circulation beaucoup plus prompte. C'est ce qui arrive dans l'infiltration nocturne.

Cependant toute espèce de glace ne conduit pas les liquides avec la même facilité. Nous avons vu plus haut qu'à la ligne transversale du Pavillon au Grünberg, où se trouvait la galerie d'infiltration, la glace a déjà acquis une grande homogénéité. C'est pour cette raison que l'infiltration se faisait d'une manière très-uniforme sur les parois de la galerie. Il n'en est pas de même dans les régions plus élevées où les différences entre la glace blanche et la glace bleue sont encore plus tranchées, ainsi qu'on le verra dans l'expérience suivante. — J'avais fait forer au bord d'une crevasse, et non loin de l'hôtel des Neuchâtelois, deux trous l'un à côté de l'autre; j'y avais introduit une quantité égale de teinture de campêche. Quand après une heure je les visitai pour voir l'infiltration, je trouvai l'un des trous entièrement vide, tandis que l'autre était encore à peu près plein. Frappé de cette différence, je m'appliquai à en rechercher la cause, et je vis que le trou qui s'était vidé si promptement était percé dans une *bande bleue*, tandis que l'autre l'était dans la *glace blanche*. Cette première expérience m'engagea à la répéter sur les plans de couches de l'affluent de la Strahleck, qui sont tous à peu près verticaux près de l'hôtel des Neuchâtelois. Je choisis à cette fin un affleurement correspondant à une bande de *glace bleue* d'une épaisseur de $0^m,15$, laquelle était

traversée par un large et profond ruisseau. Je forai dans cette bande, un mètre en amont des parois du ruisseau, un trou de 0m,70 de profondeur, et j'y versai quelques litres de dissolution de chromate de potasse. Au bout de peu d'instants la liqueur colorée se montra au bord du lit du ruisseau sous la forme d'une large tache d'un jaune verdâtre qui allait en augmentant à vue d'œil; bientôt elle atteignit la surface du ruisseau, et quoique la dissolution fût très-étendue, ce qui s'échappait par les fissures capillaires n'en colorait pas moins le ruisseau en entier. Quelques heures plus tard la tache au bord du ruisseau avait complétement disparu. En revanche je fus très-surpris de voir que la bande de glace bleue s'était colorée dans son prolongement sous l'eau du ruisseau sur un espace de 4 mètres, si bien que la bande se présentait comme un grand ruban de couleur orangée au milieu du fond azuré du ruisseau. Sa coloration était exactement limitée à la bande, et pas la plus petite parcelle de couleur ne s'était communiquée à la glace blanche à côté.

On peut répéter cette expérience en petit sur des cubes de glace taillés en des endroits où la structure rubanée est bien distincte. Si l'on verse la teinture sur une face perpendiculaire au plan des couches et des bandes, on voit le liquide traverser les bandes avec la plus grande facilité; leur glace se colore d'une manière beaucoup plus intense que la glace blanche. Si l'on retourne ensuite le cube de manière à ce que les plans des couches soient à peu près horizontaux, on voit le liquide coloré filtrer bien moins vite et s'étaler horizontalement entre les couches, comme s'il avait de la peine à pénétrer dans la glace blanche.

La cause de cette différence réside dans le nombre relatif des fissures; car, en suivant attentivement le trajet de la teinture et la manière dont la coloration se propage, on ne tarde pas à s'apercevoir que les fissures sont moins nombreuses et moins entrelacées dans la glace blanche que dans la glace bleue. C'est en même temps un moyen de s'assurer d'une manière facile que les fissures capillaires sont *les voies naturelles de circulation, et que les liquides ne pénètrent jamais dans l'intérieur des fragments angulaires.* Preuve en est que, lorsqu'on brise un morceau de glace au moment qu'il est au maximum d'infiltration, on ne trouve que des fragments parfaitement purs, *la couleur est uniquement entre les joints, c'est-à-dire dans les fissures. J'insiste d'une manière toute particulière sur ce fait, parce qu'il nous*

servira d'argument lorsque nous discuterons les causes du mouvement des glaciers.[1]

Dans la glace de nevé [2] l'infiltration se fait d'une manière toute différente. Lorsqu'on y verse de la teinture, celle-ci s'y propage rapidement et d'une manière très-uniforme. Mais ce n'est plus par l'intermédiaire des fissures capillaires : les fissures n'existent pas dans le nevé ou du moins elles sont très-rares; le passage du liquide s'effectue autour des grains eux-mêmes, comme cela a lieu dans un amas de sable ou de gravier, et toute la masse se colore d'une manière uniforme. — Mais du moment que la masse devient compacte et qu'elle acquiert une certaine transparence, le mode d'infiltration change. La teinture se répand d'une manière plus inégale, elle suit de préférence certaines voies dans lesquelles on reconnaît sans peine des fissures naissantes, et pour peu que l'air soit réuni en bulles, on peut déjà s'assurer que ces dernières ne sont pas plus accessibles au liquide que celles de la glace compacte.

Ceci au reste n'a rien que de très-naturel : les bulles ne peuvent exister qu'à la condition d'être isolées; du moment qu'elles entrent en communication avec une fissure, leur existence est compromise [3], puisque l'air qu'elles contiennent est obligé de faire place au liquide plus

A. [1] On a prétendu qu'en versant des liquides colorés dans la glace, les bulles d'air se coloraient. Il peut bien arriver que quelques bulles se colorent par-ci par-là lorsqu'une fissure vient y aboutir comme à un impasse (cul-de-sac). Dans ce cas, les bulles restent colorées, tandis que la teinture s'échappe des fissures. Il en est de même des petites cavités de la surface qui sont occasionnées par les grains de sable de gravier; celles-là restent également pleines, et comme elles sont ordinairement plus larges en bas qu'en haut, elles prennent la forme de petites bouteilles; mais ce n'est jamais qu'une exception : cela ne saurait être la règle **(Agassiz).**

DA. [2] **M. Agassiz** dit : « Dans la glace de nevé, le passage du liquide s'effectue autour des grains mêmes. » Ce n'est donc pas de glace de nevé qu'il s'agit dans cette expérience d'infiltration, mais de nevé dont le grain est conservé..... Plus loin nous lisons : « Mais du moment que la masse devient compacte (qu'elle est aglutinée); » — cette masse compacte, c'est de la glace de nevé.

DA. [3] L'auteur dit : « Du moment que les bulles d'air entrent en communication avec une fissure, leur existence est compromise; elles se remplissent d'eau. » — Lorsque les bulles d'air sont en communication avec une seule fissure capillaire, elles peuvent se maintenir sans être envahies par l'eau; l'air n'étant pas expulsé, elles seront comprimées. Mais si ces bulles d'air viennent à communiquer avec d'autres fissures, alors elles sont infailliblement envahies et rempliront les fonctions de fissures capillaires plus ouvertes. Ce seront de petits réservoirs d'eau, qui ont une certaine importance par leur grand nombre, surtout pendant la période où le glacier reçoit plus d'eau d'infiltration par sa surface; ce sont des greniers d'abondance que le glacier se réserve de s'assimiler dans les moments de pénurie et de disette.

dense qui circule dans les fissures. Ceci est même, comme nous l'avons vu plus haut, la cause essentielle de la disparition des bulles dans les régions inférieures du glacier.

Il est démontré par les expériences qui précèdent :

1° Que la masse du glacier n'est point un corps compacte et homogène, mais qu'elle est traversée par un vaste réseau de fissures capillaires qui pénètrent aussi loin que les recherches ont pu atteindre.

2° Que dans les couches voisines de la surface ce réseau est alternativement rempli d'eau et alternativement à sec, ainsi que cela résulte des expériences de nuit comparativement à celles de jour.[1]

3° Que la circulation se fait uniquement entre les jointures des fragments ou, en d'autres termes, par le moyen des fissures capillaires, et qu'elle ne pénètre jamais dans l'intérieur des fragments eux-mêmes.

4° Que la glace bleue conduit plus facilement l'eau que la glace blanche, par la raison que les fissures capillaires y sont plus nombreuses.[2]

Glace de glacier compacte à de grandes altitudes.

A. 7. **Zumstein**, lors de son ascension au Monte-Rosa, passa la nuit dans une crevasse à 13,128 pieds (4264^{m}) alt., et trouva les parois de la crevasse d'une glace très-compacte et d'un bel azur. Depuis lors j'ai **(Agassiz)** pu vérifier moi-même l'exactitude du fait dans mon ascension à la Jungfrau. Nous avions traversé toutes les différentes variétés de la glace, depuis la glace bleue et transparente, telle qu'elle se voit sur les escarpements du glacier d'Aletsch, au bord du lac de Mærjelen, jusqu'au nevé grenu[3] qui recouvre la vaste surface du cirque. — Depuis l'endroit appelé le *Repos*, qui est de plus de 3000 mètres

DA. [1] Ces expériences de nuit peuvent se faire pendant le jour; — dans de certaines circonstances météorologiques le glacier ne reçoit plus d'eau par ablation et les fissures capillaires sont vidées à la surface.

DA. [2] Toutes nos observations et expériences de 1844 à 1862 confirment pleinement les infiltrations observées et si bien décrites. Les conclusions sont conformes à notre manière de voir et d'avoir vu; elles jettent un grand jour sur la question glaciaire : ce n'est pas une lumière pâle, c'est *le flambeau de la vérité.*

— Un éminent géologue a dit : « MM. les glacialistes forgent des théories glaciaires « qui sont en opposition avec l'Écriture-Sainte et nullement conformes aux théories établies et acquises à la science que nous professons. » Je répondrai : Les hommes persévérants qui séjournent dans les hautes régions, qui parcourent les glaciers et cherchent la vérité, ne reconnaissent pour professeur que la nature, à laquelle ils adressent des demandes et enregistrent les réponses qui leur sont transmises. — Les glacialistes *osent voir et penser.* — Ils sont *indépendants.*

DA. [3] Nevé grenu qui recouvre la glace de glacier dans la vaste surface du cirque.

de hauteur, jusqu'au col de Rotthal, qui a 4000 mètres, par conséquent sur un espace d'au moins 700 mètres de hauteur, nous ne rencontrions que de la neige gelée, et cependant nous avions franchi deux *rimayes* (*Bergschründe*) et escaladé des pentes très-raides dont l'inclinaison allait jusqu'à 53°. Nous n'en fûmes que plus surpris en arrivant au col du Rotthal, 4000 mètres alt., de trouver la dernière paroi de la montagne *toute couverte de glace*[1]. Ce n'était pas de la glace de nevé comme on a pu le croire, mais de la *véritable glace compacte*, absolument comme celle du glacier de l'Aar; à 2000 mètres plus bas elle ne contenait que peu de bulles et sautait facilement en éclats sous la hache. Cette glace formait un revêtement continu qui se prolongeait jusqu'au sommet, sans crevasses ni solution quelconque de continuité. — L'année suivante (1842) **MM. Desor** et **Escher** (de la Linth) rencontrèrent une paroi de glace semblable, également dépourvue de crevasses et de moraines, tout près du sommet du Schreckhorn.

La glace, dit **M. Desor,** était sur cette pente non-seulement beaucoup plus dure que la glace de nevé, mais aussi plus transparente, et l'on remarquait dans son intérieur de petites bulles d'air sphériques ou allongées comme dans la glace blanche du glacier proprement dit. Son épaisseur n'était pas considérable, et ce qui mérite surtout d'être remarqué, elle n'était traversée par aucune crevasse, ce qui me confirma dans l'idée que la rareté des crevasses est réellement un caractère des glaces inclinées des hautes régions.

A priori, il est naturel qu'on se soit élevé contre l'idée qu'il puisse exister de la glace sur les hauts sommets[2]. En effet, pour former de la glace il faut de l'eau. Or, on n'imaginait pas qu'il pût en exister à

DA. [1] Cette observation est la confirmation de nos recherches de 1844 à 1862 : que les nevés en hautes régions couvrent temporairement les glaciers à de très-hautes altitudes, et nous autorise à imprimer en petits caractères les trois régions des glaciers; savoir :

1° Glace compacte; 2° Nevé; 3° Champ de neige.

DA. [2] Cette idée entrait dans la théorie préconçue des champs de nevé et des champs de neige qui se changent en glacier à des altitudes plus basses. — Nos guides de hautes régions n'ont jamais été de cet avis, et *Hans Wæhren*, qui a fait ses premières armes sous la direction de **M. Hugi**, disait, quand on lui expliquait la théorie glaciaire du changement de neige en nevé (neige grenue), qu'il était d'accord; mais lorsque ce nevé devait se changer en glace bulleuse et en glace de glacier, et s'ajouter par la surface au glacier, alors il faisait opposition, disant : « Partout, dans les plus grandes hauteurs, le nevé couvre de la glace de glacier; mais jamais il ne s'ajoute au glacier : il n'en a pas besoin. Son accroissement est le résultat de l'eau qu'il boit et qui lui profite. » — C'est un montagnard qui a dit ces grandes vérités depuis 1844 jusqu'à sa mort. —

cette hauteur; la plupart des observations faites sur les hautes montagnes indiquent en effet une température inférieure à 0°. **De Saussure** avait trouvé au sommet du Mont-Blanc —2°,3 R (—2°,9 c) à l'ombre et — 1°,3 R (— 1°,6 c) au soleil. Moi-même j'avais observé — 3°,0 c au sommet de la Jungfrau, par un temps serein. L'idée s'était ainsi naturellement accréditée qu'au sommet des pics alpins la température reste constamment au-dessous de 0°. — L'ascension au Schreckhorn, exécutée par **MM. Escher** (de la Linth), **Desor** et **Girard** au mois d'août 1842, devait nous fournir les premiers renseignements sur une température plus chaude. Pendant une heure et demie (de 2 heures 30 minutes à 4 heures du soir) le thermomètre oscilla entre + 2°,5 et + 3° c à l'ombre. Le maximum fut au soleil + 7° c. L'hygromètre de **de Saussure** oscilla entre 41° et 43°.

Température au Schreckhorn (pointe Est) : 4145m alt. à l'ombre + 2°,5 à + 3° c, maximum au soleil + 7° c.

Du moment qu'une pareille température peut exister et se maintenir pendant plusieurs heures à une hauteur de plus de 4000 mètres, il n'en faut pas davantage *pour expliquer la présence de la glace à toutes les hauteurs.*

Présence de la glace de glacier à toutes les hauteurs.

M. Desor mentionne expressément la quantité d'eau dont il trouva la glace imprégnée en traversant la paroi de glace qui revêt le flanc méridional du Schreckhorn à 3500 mètres de hauteur. — C'était, dit-il, entre 10 heures et midi, le soleil n'était pas encore très-chaud et cependant la quantité d'eau était telle que les degrés que l'on taillait pour monter se remplissaient presque instantanément; l'eau jaillissait de tous les pores et même de dessous la glace. Cette humidité se maintint pendant toute la journée, puisqu'à quatre heures et demie, c'est-à-dire au moment de la descente, une pierre lancée sur la même pente de glace laissa derrière elle un sillon dans la neige, qui se transforma presque instantanément en un ruisseau abondant.

Eau dans la glace de glacier à 3500m alt., flanc méridional du Schreckhorn.

A. 8. **Résumé de la structure des glaciers.**

Résumé de la structure des glaciers.

1° La matière première des glaciers c'est la neige qui tombe dans les hautes régions des Alpes. Cette neige n'a aucun caractère propre; elle est polymorphe comme la neige de la plaine.

2° Toute espèce de neige peut se transformer en nevé.

3° Le nevé est une seconde cristallisation qui s'opère de haut en bas par l'effet de la fonte superficielle et qui est accompagnée d'un tassement de toute la masse. Il n'est pas plus que les formes de la neige propre aux hautes régions.

4° En se congelant, le nevé donne lieu à une glace opaque et gre-

une; la glace de nevé, qui n'existe qu'à la surface, se transforme en glace de plus en plus compacte.[1]

5° La glace compacte (glacier) a pour caractère essentiel d'être traversé par un réseau de fissures capillaires. L'air n'y est plus disséminé entre les grains, mais réuni en bulles distinctes.

6° Les bulles sont très-nombreuses dans le voisinage du nevé, mais elles diminuent insensiblement à mesure que les fissures augmentent.

7° Les fissures capillaires sont les *caveaux essentiels de l'infiltration;* elles donnent lieu à des bandes d'une glace bleue et transparente qui accompagne les grandes fêlures et les plans de couche.

8° Il ne faut pas confondre les fissures capillaires avec les fêlures superficielles qui se forment avec crépitation dans les régions où la glace est très-bulleuse.

9° La densité de la glace *est d'autant plus grande* que les bulles d'air sont moins nombreuses; en d'autres termes, que la glace est plus compacte. La densité de la glace de nevé est à peu près d'un tiers moindre que celle de la glace bleue.

10° La cause des fissures capillaires réside dans la pression et dans les variations de la température.[2]

11° Les expériences d'infiltration démontrent que les fissures capillaires forment un réseau qui s'étend probablement à la masse entière.[3]

12° La glace d'eau, *dont il existe des exemples* (spécimens) *dans tous les glaciers*, diffère de la glace des glaciers, même la plus transparente, en ce que ces fragments angulaires suivent une certaine disposition irrégulière qu'on ne trouve pas dans la glace de glacier. Les baignoires refermés (et autres) sont de la glace d'eau.

13° La présence de la glace de glacier sur les plus hauts sommets (à toutes les altitudes) n'est plus une difficulté depuis que l'on sait positivement que la température s'y élève quelquefois au-dessus de zéro, de manière à fournir suffisamment d'eau pour cimenter la neige et la transformer en glacier. Le fait que cette glace est compacte et

DA. [1] Voy. chapitres Neige, Nevés, Embryon glaciaire, dans nos *Matériaux pour l'étude des glaciers.*

DA. [2] Ces fissures capillaires sont les espaces qui séparent les cristaux de la glace du glacier. Ces cristaux n'ont pas la forme régulière des cristaux proprement dits, leurs formes sont arrondies et tourmentées dans tous les sens.

DA. [3] Les fissures capillaires sont les artères des glaciers; par ces fissures le glacier reçoit l'eau de fonte des neiges ou nevés qui couvrent sa surface et l'eau d'ablation de sa propre glace. Cette eau est élaborée, assimilée.

transparente est une conséquence de sa faible épaisseur, qui lui permet de s'imbiber plus vite et plus promptement que ne le peuvent les masses plus épaisses des régions moins élevées et de se maintenir sur des pentes très-raides sans se crevasser. Leur mouvement de translation est par les mêmes raisons très-faible, si même il n'est pas complétement nul. C'est en quoi elles diffèrent des glaciers latéraux.[1]

Affluents du glacier de l'Aar.

A. 9. Stratification en général. — Zônes d'affleurement. — Stratification des glaciers composés. — Affluents du glacier de l'Aar. — Grand affluent du Col du Lauter-Aar. — Affluent du Schreckhorn, — du Lauter-Aarhorn, — de l'Abschwung, — de la Strahleck, — du Mittelgrat, — du Finster-Aar, — du Studerhorn, — de l'Altmann, — du Grunerhorn. — Affluent des Scheuchzerhœrner.

.... La plupart de ces affluents sont séparés par des moraines. Mais celles-ci ne sont pas toujours très-visibles; souvent les matériaux en sont peu abondants, quelquefois même ils se réduisent à quelques blocs éparpillés qu'il faut chercher loin de l'emplacement qu'on étudie. C'est alors une difficulté de plus à surmonter. Cependant, quelque insignifiants que soient ces débris, il ne faut pas les négliger, et une fois qu'on s'est habitué à les observer, on en retrouve facilement les traces partout où deux systèmes de couches se touchent.... Quelques blocs épars suffisent pour mettre sur la voie, et l'on peut poser en thèse générale que : partout où l'on rencontre un bloc au milieu d'une mer de glace, fût-il seul, on se trouve à la limite de deux affluents.[2]

.... De la forme et des contours des couches. — Influence de la pression. — Influence de la forme des vallées. — Stratification de

DA. [1] La progression, le mouvement des glaciers (de tous les glaciers grands ou petits, ils ont tous les mêmes allures), est en raison de leur masse locale et générale. Ils marchent, ils progressent tous; ils ne sont pas un instant stationnaires, c'est dans leurs mœurs : habitude devient seconde nature, dit un vieil adage; chez eux cette habitude est de fondation, ils ne sauraient faire autrement. Mais le glacier, comme toute création, est limité dans son extension : ses progrès sont arrêtés par les mêmes rayons solaires auxquels il doit son existence.

DA. [2] Les blocs d'un certain volume, surtout ceux à surfaces planes et larges, sont sujets à tabler (c'est-à-dire, en protégeant contre l'ablation la surface du glacier qui les supporte, à former des tables de glaciers), à tomber de leur piédestal, souvent à une grande distance, dans une direction transversale à l'axe du glacier, et à se trouver au bout d'un grand nombre d'années à des distances très-grandes (100^{m} et beaucoup plus), généralement plus au Midi que l'emplacement qu'ils devraient occuper suivant la marche normale du glacier.

l'affluent de la Strahleck. — Chevrons du Lauter-Aar. — Stratification du glacier du Rhône.

A10. Dans les glaciers remaniés il y a solution complète de continuité. Les masses supérieures, rencontrant sur leur chemin des parois verticales d'une grande hauteur et se trouvant ainsi tout d'un coup privées de leur assiette, se détachent et tombent à mesure que le mouvement les porte en avant. Arrivé au bas de l'escarpement, l'ébouli, que la chute a réduit en très-petits fragments, *se cimente de nouveau*, et il se forme de nouvelles couches dont l'épaisseur est en rapport avec la quantité de glace tombée dans une chute....

Glaciers remaniés (régénérés).

.... Le glacier de Schwartzwald, sur la grande Scheideck, entre Meyringen et Grindelwald, est de tous les glaciers remaniés le plus instructif.... Il est reconnu de tous les montagnards que les chutes de glace qui alimentent le glacier remanié de Schwartzwald, et dont le bruit se fait entendre au loin, n'ont lieu qu'en été ou du moins sont fort rares en hiver.[1]

A. 11. Couches contournées. — Inclinaisons des couches. — Les couches sont identiques dans toutes les parties du glacier. — Il ne faut pas non plus perdre de vue que les couches sont d'épaisseur inégale, ce qui est une conséquence de

Stratification des glaces.

DA. [1] Ces chutes de glace sont bien plus fréquentes et plus importantes (sous le rapport de la masse de glace qui se détache) en hiver. Ce n'est nullement une supposition gratuite. — Mon guide en chef, *Melchior Blatter*, et son frère *Kaspar*, tous deux chasseurs par métier, explorent pendant la saison de chasse les localités du glacier du Schwartzwald; ils établissent souvent pendant plusieurs jours et à différentes époques de l'année leur quartier-général aux bains de Rosenlain. Le maître d'hôtel, **M. Brunner**, se joint à eux. — Ces trois chasseurs m'ont assuré qu'en hiver les chutes de glace sont plus fréquentes et la masse plus forte qu'en été. Sur ma demande : Pourquoi ? mon guide en chef n'a pas hésité un moment de répondre : « En été le glacier fond à sa partie terminale et n'avance pas sur les roches, tandis qu'à la fin de l'automne et en hiver cette fonte cesse ; il marche toujours, et ce qui dépasse la roche tombe avec fracas. » Je suis complétement de son avis, et ces conclusions de la part d'un simple montagnard m'ont fait plaisir. La meilleure preuve que les chutes de glace sont peu fréquentes en été, c'est que nous voyons à la fin de l'été, en août et septembre, la surface de ces glaciers remaniés couverte de saletés, parcelles de roches, et même de blocs; et si les chutes de glace s'étaient faites principalement en été, leurs surfaces seraient pures. On voit bien quelques faibles flaques de glace ou de nevé fraîchement tombées, mais elles ont peu de superficie. On peut alléguer sans doute que ces chutes de l'été se fondent et laissent la surface ancienne à nu. Ce fait arrive pour de certaines chutes; mais, pour opérer cette fusion, il faut la chaleur et les rayons solaires pendant quelque temps, et à la fin de la saison d'été l'ablation est généralement faible. — Le fait positif est que mes guides, qui souvent passent en été la Scheideck, voient rarement dans cette saison des avalanches de glace d'une certaine importance tomber sur le glacier régénéré du Schwartzwald. — Ces observations positives sont importantes, parce qu'elles prouvent que les *glaciers à toutes les altitudes progressent dans toutes les saisons.*

leur origine. Les couches, avons-nous dit, représentent la somme des neiges tombées dans un temps donné.

Or, la quantité qui tombe n'est pas la même toutes les années. Il règne au contraire la plus grande inégalité entre les années et les saisons. Un hiver humide, par exemple, donnera lieu à des couches plus épaisses qu'un hiver froid et serein. Du moment où l'inégalité existe, il n'y a pas de raison pour qu'elle ne se maintienne à travers toutes les métamorphoses de la glace jusqu'à l'extrémité des glaciers.[1]

— Examen des autres théories sur la stratification. — Des causes de l'inclinaison des couches de glacier. — Du rôle des couches dans le mécanisme du glacier. — Conclusions. — Bandes bleues (structure

DA. [1] Ces hypothèses imprimées en petits caractères ont pour base : Glaciers — Champs de nevés — Champs de neige échelonnés de pentes terminales jusqu'aux pics à pente primordiale. — La neige se change en nevé, le nevé en glace bulleuse, la glace bulleuse se convertit en glace de glacier. Ces métamorphoses commencent aux plus hautes altitudes et se succèdent à fur et à mesure que d'autres sont atteintes. — La matière première qui donne naissance à l'embryon glaciaire, c'est la neige : personne ne le met en doute. Que cet embryon se développe, grandit, progresse, au point de former le glacier d'Aletsch, le plus grand des Alpes, est un fait sans réplique. — Comment cet embryon arrive-t-il à l'âge adulte, à grand glacier, qui envahit la civilisation : *that is the question.* Et cette question importante, capitale, fondamentale, celle qui prime toutes les autres, n'est pas encore résolue. La vérité, rien que la vérité et toute la vérité, est encore elle-même à l'état d'embryon. C'est le cas de dire avec **Schiller** :

Lange ſchöpfen wir ſchon in das Sieb
Und brüten den Stein aus;
Aber das Sieb wird nicht voll,
Aber der Stein wird nicht warm.

Nous sommes encore occupés à déchiffrer la vie glaciaire, et sous ce rapport la conclusion du professeur **Krüger**, citée par **Gruner** en 1760 (il y a un siècle et deux ans depuis cette époque), nous est certes applicable. — Cette citation, je ne la traduis pas en français : tous mes amis glacialistes et tous les hommes de science qui s'occupent de glaciers (qui parcourent les hautes régions), parlent, lisen et comprennent parfaitement la langue allemande; et comme je n'écris pas pour les naturalistes de cabinet, je transcris la citation telle quelle, pour lui conserver toute sa valeur :

Oder geſetzt: Die Urſache der Moſaiſchen Fluth und der auf der Erde vorgenommenen Veränderung ſeien wirklich große Erdbeben geweſen (oder Veränderung der Achſe der Erde), und durch dieſe allein ſeie unſer Land zu der Höhe erhoben worden, die es nunmehr inne hat, ſo gilt es hier gleichviel. Von einer dritten Urſache aber, die vermögend geweſen wäre, die Eintheilung auf der ganzen Erde auf einmal alſo zu verändern, kann man ſchwerlich einen Begriff haben. Es ſind zwar hierüber Meinungen ohne Ende ausgeheckt, keine aber probehaltig gefunden worden. **Hr. Profeſſor Krüger**, in ſeiner Geſchichte der Erde in den allerälteſten Zeiten, durchgeht die vornehmſten derſelben, und ſchließt endlich :

« Die Naturkundigen erklären die Sündfluth auf mehr als dreißigerlei Art, und vielleicht iſt die « einunddreißigſte die wahre, und dieſe iſt zu allem Glück gerade die, auf die ſie nicht gefallen ſind. « Sollten aber deswegen alle übrigen verworfen werden? Keineswegs! Man behält die dreißigſte, « wenn ſie wahrſcheinlicher als die neunundzwanzigſte iſt, ſo lange bis die einunddreißigſte bekannt « wird. »

rubanée). — Direction des bandes. — De l'origine des bandes bleues ou d'infiltration. — Résumé.

A. 12. **Crevasses.** Crevasses.

On peut distinguer au moins sept types de crevasses, dont cinq sont propres aux régions de la glace compacte et deux aux glaces et aux nevés de hautes régions. Ce sont :

1° *Crevasses marginales*, elles sont limitées aux régions riveraines ou du moins ne s'étendent qu'à une petite distance des bords.

2° *Crevasses en zigzag*, ne sont qu'une modification des crevasses marginales provoquées comme ces dernières par les saillies du rivage.

3° *Crevasses médianes*. Longues fissures étroites et profondes qu'on rencontre dans les rayons moyens et supérieurs des grands glaciers à faible pente, et qui s'étendent ordinairement sur de grands espaces.

4° *Crevasses d'escarpements*. Elles n'existent que sur les fortes pentes, c'est-à-dire là où il y aurait des cascades et des rapides, si le glacier était liquide (remplacé par de l'eau). Les aiguilles ne sont qu'une modification des crevasses, et particulièrement des crevasses d'escarpements, ou plutôt elles en sont le dernier terme.

Direction des crevasses. Les quatre espèces de crevasses citées (marginales, en zigzag, médianes et d'escarpements), à moins qu'elles ne soient trop bouleversées, sont toujours plus ou moins obliques, et c'est dans les crevasses marginales que cette direction apparaît de la manière la plus constante.

5° *Crevasses longitudinales*. Ces crevasses se produisent dans les glaciers qui peuvent s'étendre librement.... Du moment qu'un glacier est encaissé entre des rives escarpées et qu'aucun déversement latéral ne peut avoir lieu, toutes les causes de tension et de crevassement longitudinal se trouvent écartées, où s'il se forme par hazard quelques crevasses longitudinales, elles n'ont aucune chance de devenir béantes. — C'est pour cette raison que le glacier inférieur de l'Aar (*Unter-Aar*) et tous ceux qui se trouvent dans les mêmes conditions n'ont pas de crevasses longitudinales.

6° *Caveaux*. Larges et profondes crevasses qu'on rencontre à l'origine de tous les grands glaciers, lorsqu'on s'élève au-dessus des cirques de nevé, ordinairement entre 3000 et 3500 mètres alt... Leur forme est ordinairement elliptique comme celle des baignoires, et au lieu de se terminer en pointe effilée, comme les crevasses ordinaires, elles sont souvent arrondies à leur extrémité.

Séracs. Masses de nevés qui se séparent en grands cubes ou fragments angulaires.

7° *Rimayes* (*Bergschründe*), se trouvent à l'origine des pentes de neige (des glaciers) : ouvertures qui s'étendent sur de grandes étendues et se dessinent au loin comme des rubans sombres au milieu des surfaces étincelantes de la neige. Ce sont ces crevasses, appelées par les montagnards *Bergschründe* (crevasses de la montagne), que **M. Desor** désigne sous le nom de *rimayes*.

.... Profondeur des crevasses. — Comment les crevasses se referment.

Résumé.

1° Toutes les crevasses, quelles que soient les particularités de forme, de position ou de fréquence qui les distinguent, sont en dernière analyse l'effet d'une même cause, d'une tension vaincue.

2° Toute crevasse est formée perpendiculairement au plan de tension. De ce que la courbe des affleurements des couches coïncide ordinairement avec la ligne des plus fortes tensions, il en résulte que les crevasses, au moment de leur naissance, sont perpendiculaires aux couches. Ainsi se trouve confirmée l'observation faite pour la première fois par **M. Guyot**, savoir, que les couches et les crevasses sont entre elles à angles droits.

3° Les circonstances qui déterminent la tension, cause première de toutes les crevasses, sont de différentes espèces : pour les crevasses d'escarpements, les crevasses médianes, les caveaux et les rimayes, c'est l'accélération ou le ralentissement local ou momentané d'une portion du glacier; pour les crevasses longitudinales, le déversement, l'extension de la masse sur les côtés lorsque le glacier se déploie dans un fond plat (peu incliné); pour les crevasses marginales et en zigzag, les obstacles du rivage qui tiennent une portion du glacier en arrêt (influencent sa marche).

4° Toutes les crevasses se referment, à l'exception des crevasses longitudinales, lorsqu'elles naissent près de l'issue des glaciers.

Trous de cascade, puits ou moulins. Ils sont intimement liés aux crevasses. Ce sont des trous circulaires ou elliptiques d'une grande profondeur et à parois verticales, auxquels viennent aboutir des ruisseaux.

Cavités intérieures. La présence des cavités dans l'intérieur des glaciers est aujourd'hui démontrée.

Du rôle de l'eau dans les glaciers.

A. 13. **Preuves de la circulation de l'eau**... Lorsque le ciel est serein, la température tombe presque toutes les nuits au-dessous de

zéro dans les environs de l'hôtel des Neuchâtelois. Le soleil n'a pas plutôt quitté l'horizon que les baignoires et les trous méridiens se couvrent d'aiguilles de glace, et souvent au bout d'une demi-heure ou d'une heure elles sont complétement prises. Tous les matins on trouve le niveau de l'eau à plusieurs centimètres *au-dessous* de la couche de glace, preuve qu'une partie de l'eau s'est perdue pendant la nuit, et ce ne peut être que par infiltration.

Expériences sur la filtration par suintement.

Expérience sur la filtration par suintement. Les expériences ont été faites dans des trous de sonde de 10 centimètres et de 15 centimètres de diamètre, et de la profondeur de $9^m,75 - 15^m - 30^m - 45^m - 60^m$.

Trois tableaux. — Quantité d'eau accumulée par suintement, 1841.

Premier tableau. — 1er septembre au 5 septembre 1841, $9^m,75$—45^m de profondeur.

Deuxième tableau. — 17 août au 4 septembre 1841, $15^m - 30^m$ — 60^m de profondeur.

Troisième Tableau. — Quantité d'eau accumulée par suintement.

DATE. 1842.	F. Diamètre $0^m,27$ Profondr $4^m,8$	G. Diamètre $0^m,18$ Profondr $7^m,5$	ÉTAT DU CIEL.
23—24 juillet . . .	$0^m,51$	$1^m,21$	Serein et froid.
24—25 — . . .	$0^m,30$	$2^m,70$	Couvert, froid.
25—26 — . . .	$0^m,90$	remp. pr la pluie ($1^m,00$)	Pluie toute la nuit.
26—27 — . . .	$0^m,60$	$0^m,90$	Pluvieux.
27—28 — . . .	$0^m,30$	$1^m,05$	Serein et froid.
28—29 — . . .	$0^m,36$	$1^m,62$	Couvert, pluie.
29—30 — . . .	$0^m,39$	$2^m,55$	Neigeux.
30—31 — . . .	$0^m,15$	$0^m,21$	Neige et vent.
31 — 1er Août . . .	$0^m,09$	$2^m,64$	Neige toute la nuit.
1 — 2 — . . .	$0^m,27$	$2^m,85$	Serein.
2 — 3 — . . .	$0^m,36$	$3^m,42$	Serein.
Moyenne.	$0^m,38$	$1^m,83$	Variable.
Maximum	$0^m,90$	$3^m,42$	Serein.
Minimum.	$0^m,09$	$0^m,21$	Neige.

Rapport de l'eau infiltrée avec l'état atmosphérique.

Rapport de l'eau infiltrée avec l'état atmosphérique.

Une conséquence générale qui découle des tableaux qui pourraient être appuyés de bon nombre d'observations, c'est le rapport constant qui existe entre les quantités d'eau accumulée et l'état de l'atmosphère, rapport qui est complétement indépendant de la profondeur des trous.

.... C'est lorsque le ciel est serein qu'il s'accumule le plus d'eau.... L'eau que le glacier tient en suspension dépend de l'état de saturation dans lequel il se trouve; cette saturation est en raison directe de l'ablation, et comme l'ablation n'est jamais plus forte que par les journées sereines et chaudes, il n'est pas surprenant que ce soit à la suite de ces journées-là que les cavités du glacier recueillent la plus grande quantité d'eau.

Expériences directes.

Expériences directes.

Une fosse (puits) de 4 mètres carrés et de 2 mètres de profondeur avait été taillée dans le glacier à la base du Pavillon, à 12 mètres du bord, à un endroit où l'inclinaison était assez forte. Au fond de cette fosse on avait creusé un trou de 1 mètre de diamètre et de 0m,30 de profondeur, qui avait son écoulement par un fossé. Pendant la nuit ce trou se couvrait d'une couche de glace comme les autres cavités contenant de l'eau, et le petit ruisseau qui en sortait tarissait ordinairement quelques heures après le coucher du soleil et ne reprenait son cours que le lendemain vers les 10 à 11 heures du matin, c'est-à-dire lorsque la fonte durait depuis quelques heures. Mais pendant les deux jours qui succédèrent à la chute de neige le ruisseau resta à sec, quoique la température fût remontée à son degré habituel, et ce ne fut que le 19 que l'eau commença à filtrer de nouveau sur les parois de la fosse.

Rôle des petits ruisseaux.

Rôle des petits ruisseaux.

Les petits ruisseaux qui coulent sur le glacier finissent par tarir le plus souvent avant 9 heures du soir.

Persistance des grands ruisseaux.

Persistance des grands ruisseaux.

De certains grands ruisseaux ne tarissent pas complétement pendant la nuit dans les circonstances atmosphériques normales.

Écoulement des eaux à la pente terminale.

Écoulement des eaux à la pente terminale.

.... On peut admettre comme démontré qu'au glacier inférieur de l'Aar (Unter-Aar), et probablement dans tous les grands glaciers, *les variations atmosphériques n'influent qu'au bout d'un certain temps sur le volume de la rivière.*

Tableau des oscillations du torrent de Trift.

Tableau indiquant le rapport des fluctuations de l'eau qui sort de la voûte du glacier inférieur de l'Aar avec l'ablation et la température du 9 au 27 août 1844.

Tableau indiquant le rapport des fluctuations de l'eau avec l'ablation et la température du 20 juillet au 4 août 1845.[1]

Les torrents en hiver.

Les torrents en hiver.

Si, comme je l'ai montré par les tableaux du jaugeage de l'Aar, il existe un rapport direct entre l'état atmosphérique et le débit des torrents, il doit arriver un moment en automne où toutes les rivières subissent une baisse notable, à raison de la fonte moins considérable qui a lieu à cette saison. Par la même raison elles doivent tarir complétement en hiver du moment que toute fonte a cessé à la surface. Voulant m'en assurer **(Agassiz)** par l'observation directe, je n'ai pas hésité à entreprendre dans ce but un voyage hivernal dans les glaciers. Au commencement du mois de mars 1841, par conséquent à une époque où l'hiver règne encore d'une manière absolue dans les hautes Alpes, je me rendis avec **M. Desor** au glacier de l'Aar, que je remontai jusqu'à l'hôtel des Neuchâtelois (Abschwung) le 12 mars.

A Meyringen déjà je trouvai l'Aar beaucoup plus faible qu'en été; à mesure que je montai, je la vis diminuer toujours plus, si bien qu'à la Handeck elle était réduite à un très-petit filet d'eau, à peine comparable aux ruisseaux qui circulent sur le glacier en été. Plus haut elle disparaissait complétement sous la neige, et je ne vis plus que quelques endroits de son lit où la neige était imbibée. Je rencontrai les dernières traces d'eau près des châlets qui sont situés à l'extrémité du glacier, et sa présence en cette localité me fit supposer qu'elle provenait selon toute apparence de quelque source voisine.

Je ne découvris aucun vestige du torrent de l'Aar à l'endroit où il coulait l'été précédent, ni sur aucun point du talus terminal. La cascade du lac de Trübten (en aval du Sidelhorn) et le torrent du glacier de l'Ober-Aar, dont le bruit en été se fait entendre de loin, avaient aussi complétement disparu. On ne reconnaissait leur emplacement qu'à quelques gigantesques glaçons qui étaient suspendus aux rochers. — Lorsque **MM. Desor, Dollfus-Ausset et Streckeisen** visitèrent le glacier de l'Aar au mois de janvier 1846, ils trouvèrent

[1] Voyez dans mes *Matériaux pour l'étude des glaciers*, T. V, chapitres : Rapport des fluctuations de l'eau avec l'ablation et les circonstances météorologiques. Sable en suspension dans le torrent, etc., etc. Détail de ces observations positives du 9 au 17 septembre 1844 et du 20 juillet au 4 août 1845, etc.

également les ruisseaux de tous les glaciers latéraux taris. Ils ne trouvèrent de l'eau qu'en creusant un *trou profond* à travers la neige au-devant du talus terminal du grand glacier. Cette eau était limpide comme de l'eau de roche.[1]

Les observations que je fis le surlendemain (14 mars) sont encore plus concluantes. Ce glacier était alors divisé à son extrémité en deux branches. Celle de gauche descendait un peu plus bas que celle de droite, et le torrent de cette dernière coulait dans une grande crevasse immédiatement au-devant de son extrémité. Nous visitâmes celle de gauche qui est la plus accessible, et ce ne fut pas sans une secrète satisfaction que je vis que l'extrémité du glacier était parfaitement sèche. Pas une goutte d'eau ne s'échappait de la tranche terminale, qui pourtant était visible sur toute son épaisseur. Ayant coupé un angle du glacier sur sa rive droite pour faire une entaille dans le rocher après avoir enlevé la neige des abords, je trouvai les cailloux et le gravier de la couche de boue *complétement gelés*, si bien que le glacier était *adhérent au sol*, comme s'il y avait été soudé.

Le lit du torrent supérieur contenait un petit filet d'eau, mais ce n'était pas de l'eau laiteuse et opaque comme l'est ordinairement l'eau du glacier; elle était au contraire limpide comme de l'eau de source, et son volume n'était en aucune façon comparable à ce qu'il est en été.

Origine des filets d'eau qui sortent des glaciers en hiver.

Origine des filets d'eau qui sortent des glaciers en hiver.
Conséquences de l'absence de torrents en hiver.

.... Le glacier est comparable à une immense éponge imbibée. Il peut continuer à fournir de l'eau pendant un certain temps, alors même qu'il n'en reçoit plus de la surface. Mais il ne s'égoutte pas

DA. [1] La voûte du glacier par laquelle sortait le torrent en 1845 et 1846 se trouvait près de la rive gauche. Plus près de cette rive nous voyons toutes les années un filet d'eau sortir du gravier en aval de la pente terminale; cette eau est limpide et très-claire, sa température plus élevée que celle de l'eau qui suinte à travers la moraine, qui est toujours un peu laiteuse et tient du sable très-fin en suspension. L'eau que nous avons trouvée en hiver au même emplacement était sans aucun doute de l'eau d'une faible source qui ne tarit pas en hiver. **De Saussure** a signalé une source d'eau chaude qui surgit à la pente terminale du *glacier du Rhône*. — En mars 1861 j'ai vu un petit filet d'eau sortir de la moraine en aval du glacier supérieur du Grindelwald; en août même année et en 1862 cette source était un peu plus abondante. En mars 1861, de la neige fraîche couvrait la surface du glacier; celle du sol avait complétement disparu. Il ne sortait à la pente terminale que de faibles filets d'eau provenant de la fonte de la neige qui coulaient sur les parois des talus. — A cette époque, qui est encore l'hiver pour cette localité, la température de l'air était exceptionnellement chaude.

pour cela complétement. Une certaine portion de l'eau persiste dans l'intérieur de la masse, tandis que la surface se dessèche. Nous verrons plus bas que c'est à la faveur de ce réservoir d'eau, qui maintient une certaine lubréfaction dans l'intérieur, que le glacier peut continuer à progresser en hiver.

Résumé. Résumé.

1° L'eau ne séjourne et ne circule pas seulement dans les grands canaux et les grandes cavités du glacier. Une quantité considérable d'eau est tenue en suspension dans l'intérieur du glacier et y forme un magasin dont les fluctuations dépendent des variations des températures.

2° Il existe un rapport constant entre ces fluctuations et les oscillations des rivières. Ce rapport est d'autant plus direct que les glaciers sont plus petits. Au glacier de l'Aar les changements atmosphériques ne se font sentir qu'au bout de plusieurs jours.

3° A la faveur de leurs magasins d'eau les glaciers peuvent alimenter quelque temps les rivières (torrents qui en sortent) sans recevoir aucun tribut de la surface.

4° Les ruisseaux limpides qui s'échappent en hiver de dessous le glacier sont en grande partie, sinon en totalité, le produit de sources.

5° Le glacier est comparable à une immense éponge; il ne s'égoutte pas complétement, mais retient une partie de l'eau dans ses pores, alors même qu'il ne reçoit plus de tribut de la surface.

Provenance de l'eau des glaciers.

Plusieurs causes concourent à alimenter le magasin d'eau qui se trouve dans l'intérieur des glaciers. Ce sont : l'*ablation*, les *pluies* et la *condensation*.

A. 14.[1] Quand on visite en automne un glacier qu'on avait vu au printemps, on le trouve toujours considérablement abaissé. Une épaisse couche de glace a disparu par la fonte. C'est cette disparition de la couche superficielle que j'ai désignée sous le nom d'*ablation* du glacier. Ablation des glaciers.

... La moyenne de l'ablation de la glace découverte aux environs de l'hôtel des Neuchâtelois était pour les années 1861 et 1862 de 3^{m} à 3^{m},50 par an.

Tableau de l'ablation journalière, emplacement de l'hôtel des Neuchâtelois, 12 juillet au 23 juillet 1842. Total, 0^{m},8050; moyenne

DA [1] Voyez chapitre DA.: *Ablation des glaciers*.

diurne, 0m,073; maximum diurne, 0m,105; serein tout le jour.[1]

Ablations aux différentes stations.

Ablation aux différentes stations.

1er Tableau. — Ablation à la station de Bærenritz.

2e Tableau. — Ablation à la station de Brandlamm.

3e Tableau. — Ablation à la station de l'hôtel des Neuchâtelois.

Différence de l'ablation selon les époques.

.... Entre la température et l'ablation le rapport est immédiat. Quand la température baisse, l'ablation diminue; quand elle monte, l'ablation augmente. Il n'y a qu'un seul cas où cette réaction directe de la température n'a pas lieu : lorsque le glacier est temporairement couvert de neige. Le lendemain d'une chute de neige peut alors être très-chaud et l'ablation nulle, parce que la neige protège la glace de toute ablation, et que la chaleur des rayons solaires est employée à transformer la neige en nevé.

Influence de la situation des glaciers sur l'ablation.

Influence de la situation des glaciers sur l'ablation.

Ablation dans les hautes régions.

Influence des corps étrangers sur l'ablation.

Influence des corps étrangers sur l'ablation.

Diverses expériences ont été faites dès 1844 au glacier de l'Aar pour apprécier la manière dont les différents corps entravent l'ablation en protégeant la glace. —

Le tableau ci-joint indique la quantité dont la glace dépassait la surface ambiante du glacier sous chacun des objets qu'on avait placé sur la surface unie du glacier, au bout de 16 jours (10 au 26 août).

Sous la couverture de laine	0m,20
Sous le parapluie	0m,22
Sous la planche	0m,28
Sous le gazon.	0m,30
Sous la neige.	0m,30

Ces expériences ont été pleinement confirmées par celles de 1845. Dès le début de la campagne, **M. Dollfus-Ausset** avait fait couvrir de gazon un espace de 9 mètres carrés au pied du Pavillon et un autre de 6 mètres carrés au milieu du glacier. Les gazons furent soigneusement entretenus pendant toute la campagne, et lorsque **M. Desor** quitta le glacier à la mi-septembre (le 13), le bout voisin du Pavillon

DA. [1] Fort souvent, par temps couvert et basses températures, l'ablation diurne est très-faible, quelquefois nulle. — Par des chutes de neige la surface du glacier, aussi longtemps qu'elle reste couverte, ne subit aucune ablation.

s'élevait à 2 mètres en moyenne au-dessus de la surface du glacier (1m,60 du côté du Midi et 2m,40 du côté du Nord). Le bout supérieur était un peu moins exhaussé, il n'avait que 1m,80. Une moraine artificielle avec des roches avait aussi été construite, mais elle protégeait bien moins la glace, et il fut à peu près impossible de la maintenir quand elle eut atteint la hauteur d'un mètre.

Ces observations, quoique moins rigoureuses que celles qui se faisaient sur les pieux, ont prouvé que la neige et le gazon d'une certaine épaisseur protègent la surface du glacier de toute ablation. Les trente centimètres d'élévation sous la neige correspondent exactement à la hauteur qu'un pieu placé dans un trou de sonde a surgi.

Ablation aux différentes heures du jour.

Ablation pendant la journée du 21 août 1844.

Influence de l'ablation sur la forme de la surface des glaciers.

Eaux atmosphériques. — Pluies.

.... Les pluies sont en quelque sorte une exception dans les hautes régions des Alpes. — Au grand Saint-Bernard il ne pleut guère que dans les mois de juin, juillet, août et une partie de septembre, soit cent jours; on peut estimer le total de l'eau d'une année commune à 0m,40 de hauteur. On peut appliquer ces données du grand Saint-Bernard à la région moyenne du glacier de l'Aar.

De la fonte des neiges annuelles. Fonte des neiges annuelles.

Toutes les années il tombe de la neige à toutes les hauteurs dans les Alpes. En été ces neiges se fondent complétement jusqu'à une certaine altitude; cette limite est très-variable suivant les circonstances atmosphériques.

Dans les altitudes au-dessus de 2600 mètres la neige est plus ou moins persistante, mais *jamais éternelle;* même changée en nevé elle n'est que temporaire.

On sait qu'il neige quelquefois, et dans certaines années fort souvent, en été dans les Alpes.

Les neiges anciennes et les neiges fraîches protègent de l'ablation la glace qu'elles recouvrent et *aplanissent la surface des glaciers.* — Quand on visite l'un de nos glaciers à faible pente en automne, on le trouve ordinairement très-inégal et bosselé. Si on s'y rend de nouveau le printemps suivant, au moment où toute la neige vient de fondre, on

DA. * Les neiges anciennes et les neiges fraîches protègent de l'ablation la glace qu'elles recouvrent et aplanissent les surfaces : observation importante et parfaitement expliquée.

le trouve parfaitement uni. — Lorsque survient la fonte du printemps, les endroits en relief se dégarnissent les premiers, parce que la neige y est moins épaisse qu'ailleurs, mais il en reste dans les creux. Cependant la fonte continue et, comme la neige grenue tassée (nevé) n'est pas plus fusible que la glace, l'ablation se fait d'une manière uniforme. Supposons que l'ablation soit d'un décimètre par jour et la plus grande épaisseur de la neige tassée au-dessus des creux de huit décimètres, il en résultera qu'au bout de neuf jours, lorsque toute la neige sera fondue, la surface du glacier sera parfaitement unie. Il est bien entendu toutefois que ceci ne s'applique pas aux glaciers très-crevassés et bouleversés.

Condensation.

.... Si, par la condensation de l'humidité atmosphérique sur les surfaces de glacier sous forme de rosée, gelée blanche ou verglas, il résulte quelque profit pour le glacier, il ne peut être que très-faible et ne saurait se comparer aux autres sources d'alimentation ; d'ailleurs elle est en partie contrebalancée par l'évaporation.[1]

Résumé. **Résumé.**

1° L'eau qui s'échappe (sort) des glaciers et qui circule dans leur intérieur est fournie en majeure partie par la fonte de la surface ou l'ablation (et par la fonte des nevés et des neiges qui les couvrent temporairement).

2° Dans les régions moyennes des glaciers l'ablation moyenne peut être évaluée de 3 mètres à $3^{m},50$ par an. L'ablation diurne est en moyenne pour les mois d'été (étés de hautes régions qui ne correspondent pas aux étés de la civilisation) de trois centimètres par jour au glacier de l'Aar.[2]

3° Les glaciers sont d'autant plus saturés et leur débit (d'eau) d'autant plus considérable, que la chaleur (et surtout les rayons solaires) est plus intense et l'ablation plus forte.

4° Les eaux atmosphériques (pluies) contribuent pour une part bien faible à l'entretien du magasin d'eau intérieur. Elles ne con-

DA. [1] On a beaucoup exagéré l'évaporation des matières gelées en hautes régions. — La faible pression atmosphérique surtout devait favoriser cette évaporation ; quant à l'eau de fonte qui coule sur les roches, elle disparaissait, elle s'envolait. Cette évaporation est très-normale (voyez nos observations, T. V). — La condensation non-seulement contrebalance l'évaporation, mais l'eau condensée dans l'année est infiniment plus forte que celle évaporée : je maintiens l'expression *infiniment* ; elle est conforme à mes observations *très-nombreuses*.

DA. [2] Voy. la série d'ablation de 1841 à 1862, vol. V

stituent pas un bénéfice réel pour le glacier, attendu qu'elles sont d'ordinaire accompagnées d'une moindre ablation. De là vient que les torrents des glaciers sont toujours plus gros pendant les étés secs et chauds (soleil d'Italie) que pendant les étés pluvieux (soleil d'Angleterre).

5° La forme que les eaux atmosphériques affectent au moment de leur chute n'est pas indifférente. La neige en persistant à la surface entrave l'ablation et réduit ainsi les eaux du glacier. Par la même raison les neiges annuelles (et les neiges et nevés temporairement persistants, anciens) sont un préservateur du glacier.

6° Une certaine quantité d'eau est acquise au glacier par la condensation, mais il est probable qu'elle est compensée (faiblement) par les pertes qu'occasionne l'évaporation (qui est plus faible).

A. 15. Température de l'intérieur du glacier.

Température de l'intérieur du glacier.

Tableau des variations de température observées dans un trou de sonde de 3 mètres à 5 mètres de profondeur, durant quinze jours, du 20 juillet au 3 août 1842. — Température de l'air ambiant et état du ciel. —

Durant les quinze jours qu'embrasse ce tableau, le thermomètrographe n'a marqué que trois fois une température inférieure à zéro, encore n'est-ce qu'une fraction de degrés — 0°,1, — 0°,2, — 0°,4. Or, il est à remarquer que cet abaissement de la température est survenu chaque fois à la suite de nuits froides ou dans des conditions qui semblent de nature à favoriser l'introduction du froid dans l'intérieur du glacier, comme par exemple à la suite de la tourmente des 21 et 22 juillet; d'où il faut conclure que ce n'est pas la masse du glacier, mais seulement la cavité qui s'est refroidie, malgré le soin que l'on prenait de fermer les trous en y introduisant l'instrument.[1]

Des observations qui se faisaient simultanément dans des trous plus

DA. [1] Cet abaissement de température au-dessous de zéro rapporté par le thermomètrographe est très-probablement dû à une cause à laquelle on ne prête fort souvent pas assez d'attention. La boule se mouillant, même seulement partiellement, fonctionnera comme la boule mouillée du psychromètre; par l'évaporation de l'eau la température indiquée sera plus basse que l'air ambiant. Il en est de même des minimas exposés en plein air, dont la boule n'est pas abritée; par des nuits sereines et calme plat, par rayonnement, la température de l'instrument sera au-dessous du point de rosée de l'air ambiant; il y aura rosée, condensation sur la surface de la boule, et le thermomètre sera à une température de plusieurs degrés plus basse que l'air ambiant; et sans rosée, même par simple rayonnement, la boule sèche se refroidira plus en plein air que celle abritée.

profonds, l'un de 60 mètres et l'autre de 30 mètres, n'ont accusé aucune variation. Les instruments dans ces deux trous ont toujours marqué *invariablement zéro*, et cela pendant quinze jours consécutifs, en sorte que *l'on peut admettre comme démontré que l'intérieur du glacier, à l'exception des couches voisines de la surface, jouit en été d'une température invariable qui est zéro.*[1]

En 1842 j'introduisis deux thermomètrographes dans l'un des trous de sondage, l'un à $2^m,70$ et l'autre à $4^m,50$. La grande quantité de neige dont le glacier était recouvert en 1843 ne me permit pas de les retirer cette année, et ce ne fut qu'en 1844, deux ans plus tard, que **M. Desor** parvint avec beaucoup de peine à dégager le premier, celui qui était à $2^m,50$. L'ayant retiré soigneusement de sa gaîne, mon ami trouva que la base du flotteur marquait $-2°,2$; il eut soin de vérifier immédiatement le zéro et le trouva trop haut d'un dixième de degré ($0 = +0,1$), ce qui réduit par conséquent le chiffre à $-2°,1$. Il est donc démontré par là que la glace de glacier n'est pas continuellement à la température de zéro, mais qu'elle peut tomber sensiblement (beaucoup) plus bas.[2]

Le glacier est-il adhérent?

Le glacier est-il adhérent?[3]

Résumé.

Résumé.

1° La température du glacier (des grands glaciers dans la région moyenne) est à peu près invariable pendant la belle saison. Les oscillations de la température extérieure ne se font sentir que dans les couches les plus (tout-à-fait) superficielles; elles coïncident avec les fluctuations du magasin d'eau intérieur.

2° A mesure que le glacier s'égoutte en hiver, le froid pénètre plus profondémont (ce froid pénètre d'autant plus que la hauteur des neiges qui le couvrent est moins considérable). Lorsque **la fonte** du printemps vient de nouveau les imbiber, leur température remonte à 0°.

3° L'adhérence des glaciers avec le sol est un fait exceptionnel et passager dans nos climats. Il est probable que le fond des glaciers est dégagé toute l'année.[4]

DA. [1] Voy. dans nos *Matériaux*, vol. V, chapitre Température de l'intérieur du glacier, qui confirme qu'en été l'intérieur du glacier est à zéro.

DA. [2] Le froid en hiver pénètre dans les neiges, les nevés et les glaces à une grande profondeur. Par le rayonnement nocturne la surface des matières gelées, et même jusqu'à une certaine profondeur, prennent des températures beaucoup plus basses que l'air ambiant.

DA. [3] Voy. nos Observations positives, T. V.

DA. [4] Le fond des glaciers en général est dégagé toute l'année jusqu'à une certaine altitude, altitude des polis; au-dessus il est généralement adhérent et ne saurait ni *moutonner, ni user, ni polir, ni strier les roches* (Observations positives).

A. 16. **Progression des glaciers.**[1]

A. 17. **Envahissements et oscillations des glaciers.**[1]

A. 18. **Variation du niveau des glaciers.**[1]

A. 19. **Action des glaciers sur leur fond.**[1]

Roches moutonnées. — Roches polies et striées. — Galets rayés.

AGASSIZ. — DESOR. — GUYOT.

DA. [1] Ces quatre chapitres importants (page 436 à 573 — 137 pages) sont reproduits dans nos *Matériaux pour l'étude des glaciers en activité* et complétés par nos observations de 1846 à 1862, ainsi qu'un grand nombre de chapitres qui sont simplement indiqués. Ces chapitres A de l'extrait de la publication ne portent pas le même chiffre que ceux de l'ouvrage publié par **M. Agassiz.**

MATÉRIAUX

POUR

L'ÉTUDE DES GLACIERS.

GLACIERS EN ACTIVITÉ DANS LES ALPES.[1]

Introduction.

H. 1. Les terrains superficiels, à l'exception de la tourbe et de quelques dépôts de sédiments, sont des accumulations de matériaux, provenant de la destruction de diverses masses minérales constituant la croûte terrestre, transportés ou remaniés sur place, distribués ou réglés soit par des cours d'eau, soit par des glaciers.

Tous, sans exception, étaient considérés autrefois comme des dépôts diluviens formés par des courants boueux, par des torrents extraordinaires qui avaient dû couler pendant un certain temps à la surface de la terre; mais aujourd'hui on sait que la plupart d'entre eux, les barrages de sables et de galets, les amas ou les traînées de blocs erratiques, se sont élevés, se sont déposés ou ont été transportés par une toute autre cause, — *par d'anciens glaciers* agissant lentement et successivement, et non par suite de débâcles violentes et subites, imaginées principalement pour expliquer la dispersion de ces blocs volumineux jetés loin des cimes des Alpes, jusque sur les crêtes du Jura.

Si l'on retranche de l'ensemble des terrains, considérés comme diluviens, ces derniers dépôts, ainsi que les déjections des torrents anciens et récents, il ne restera plus dans la catégorie des formations attri-

[1] Extrait de : *Recherches sur les glaciers et sur les formations erratiques des Alpes de la Suisse, par* **M. Hogard**; in-8°, 320 pages; Atlas in-folio de 35 planches. Epinal, 1858. — Paragraphes **M. Hogard.**

Toutes les observations citées par notre ami et collaborateur **Hogard** sont confirmées par nos recherches depuis cette époque jusqu'en 1862.

buées à l'action des courants violents et extraordinaires que les *nappes de comblement* que l'on observe dans le fond des vallées, et l'on pourra déjà considérablement réduire le volume et la force des courants diluviens, la formation de ces nappes n'ayant évidemment pu exiger une action aussi violente, une dépense d'eau aussi énorme que celles qu'il fallait bien imaginer pour faire rouler les blocs qui ont dû traverser ou franchir les lacs de Genève, de Thun, de Constance, etc., avant d'arriver aux points où nous les retrouvons placés aujourd'hui.

Cependant, malgré cette importante réduction des forces diluviennes, la question, quoique singulièrement simplifiée, resterait encore fort compliquée, et pour arriver à une solution il faudrait avant tout déterminer les moyens d'alimentation des courants inondant les vallées et débitant encore des masses d'eau incroyables. — Le Rhin, par exemple, comblant la plaine comprise entre les Vosges et la Forêt-Noire et recouvrant les côteaux à l'amont de Mulhouse, si les calculs que j'ai présentés ailleurs sont exacts, avec une vitesse de 15 mètres par seconde, aurait débité plus de quarante-sept millions de mètres cubes dans le même temps, et aurait pu fournir une lame d'eau de dix mètres de hauteur sur plus de quarante-un millions d'hectares en 24 heures.

On s'est contenté jusqu'ici de dire que le phénomène qui a donné lieu au comblement de cette vallée avait son origine dans les Alpes; que le transport des matériaux avait dû exiger une très-grande puissance, et qu'enfin le phénomène avait ensuite perdu de son énergie; mais dans ces indications vagues et hypothétiques on ne trouve rien de précis, aucune évaluation en chiffres des forces motrices, des volumes d'eau débités, documents que cependant on éprouve le besoin d'obtenir et de contrôler avant d'admettre définitivement ces théories, très-savantes sans doute, mais impuissantes pour soulever le voile obscur dont les causes mystérieuses des débâcles diluviennes se trouvent encore enveloppées.

Aussi la nécessité d'une solution se fait-elle sentir chaque jour davantage, à mesure que les travaux sur les terrains superficiels se complètent et se multiplient; les hypothèses ne peuvent plus suffire; on veut *des preuves, des faits* et *des données certaines*, qu'il est d'autant plus facile de rechercher et d'établir que les formations superficielles continuent à se produire, et que les causes sous l'influence desquelles elles se sont développées autrefois sur une plus grande échelle, *n'ont pas cessé et ne cessent d'agir chaque jour sous nos yeux.*

En attendant cette solution que j'appelle et que je désire bien ardemment, j'ai cherché dans les divers Mémoires que j'ai publiés jusqu'ici à déterminer les caractères des dépôts formés avec le concours soit des eaux, soit des glaciers; aujourd'hui je me propose de compléter mes premières études, en réunissant dans le travail que j'entreprends les observations que j'ai eu occasion de recueillir en parcourant la Suisse, et que mes courses annuelles dans les Alpes me mettent à même de contrôler, de confirmer ou de modifier. Les documents et les matériaux que je vais présenter seront-ils entièrement inutiles ou dénués d'intérêt? Je ne dois pas le craindre si les faits que je vais constater ont été consciencieusement et rigoureusement observés.

Depuis quelques années de nombreuses observations ont été publiées sur les glaciers, sur les causes de leur formation et de leur conservation, sur leur marche et sur les travaux qu'ils exécutent; les divers ouvrages qui ont paru, les opinions émises sont trop bien connus pour qu'il soit nécessaire d'en présenter ici une analyse; mais pour compléter les démonstrations écrites, il m'a paru utile de réunir des croquis et des coupes présentant les principaux détails du régime des glaciers, et d'offrir dans un Recueil de planches des données qu'on ne peut obtenir qu'à la suite de courses fréquentes et pénibles et d'un séjour assez prolongé dans les Alpes; et en passant en revue ces croquis, que je regrette de n'avoir pas su rendre moins imparfaits qu'ils ne le sont, j'exposerai les observations que j'ai faites soit seul, soit avec le concours de ceux de mes amis qui chaque année se réunissent au *pavillon du glacier de l'Unter-Aar*.

A Épinal, le 31 décembre 1854.

E. HOGARD.

H. 2. Dans les Alpes de la Suisse les glaciers occupent les hautes sommités des montagnes et se développent dans une région dont la limite moyenne inférieure est à 2700 mètres au-dessus du niveau de la mer. *Glaciers en général.*

Vue de loin, cette limite semble établie suivant une ligne droite de niveau; mais dès que l'on s'avance dans les vallées ouvertes dans les massifs de la chaine, on reconnait qu'elle est sinueuse et qu'elle est fréquemment débordée par des masses de glace qui, sur plusieurs points, descendent au-dessous de cette ligne[1] : ces masses sont les glaciers.

[1] Le glacier inférieur du Grindelwald descend à 1000 m alt

A partir de l'altitude de 2700 mètres et jusqu'aux plus hautes sommités on n'aperçoit au premier coup d'œil que des accumulations, que des champs de neige sous lesquels les glaciers semblent disparaître et se perdre : ce sont les neiges perpétuelles [1], suivant l'expression généralement admise jusqu'ici. Mais on sait aujourd'hui que nulle part la neige ne persiste indéfiniment; qu'elle se renouvelle sans cesse; qu'elle forme les réservoirs d'alimentation des glaciers, et qu'elle finit souvent par se convertir en glace après avoir subi diverses transformations sous l'influence des agents atmosphériques; enfin, qu'il y a des relations intimes entre ces masses d'eau congelées à différents états, et que sous le nom de glacier on doit comprendre non-seulement la glace, mais encore le nevé et la neige qui les couvrent et qui doivent servir à son alimentation dans toute l'étendue d'un bassin jusqu'à ses limites les plus élevées : cette région est la *régions des glaciers.*

Région des glaciers.

Généralement on distingue dans un glacier deux régions qui, au premier aspect, paraissent parfaitement tranchées, mais dont cependant les limites sont fort incertaines et fort variables; dans l'une, la région inférieure ou de la glace, se trouve le glacier proprement dit; dans la seconde ou supérieure la glace semble disparaître sous des couches plus ou moins épaisses de neige ou de nevé.

La neige se renouvelle sans cesse : sur les hauteurs, où les dégels et les pluies sont rares, elle subit de lentes transformations; elle s'y rencontre cependant rarement à l'état pulvérulent, tandis que vers la partie inférieure, où pendant l'été elle est constamment imbibée par l'eau provenant soit de la pluie, soit de la fusion des couches superficielles, elle se convertit en neige grenue, à laquelle s'applique plus particulièrement la *dénomination de Nevé.*[2]

Nevés.

Suivant l'opinion généralement admise, la neige se convertissant en nevé et le nevé en glace, chaque année de nouvelles couches de glace s'ajoutent à la surface des glaciers, dont les champs de neige forment les réservoirs d'alimentation, et ces couches remplacent incessamment ce que les glaciers perdent par la fusion des parties de leurs surfaces exposées directement à l'action atmosphérique.

Cette théorie fort simple paraît toute naturelle lorsque, pour la première fois, on parcourt la région des glaciers sans avoir la possibilité d'y faire des observations suivies et d'étudier la marche aussi lente que régulière du phénomène glaciaire; mais si pendant un séjour

DA. [1] Neiges temporaires, plus ou moins persistantes.

DA. [2] La neige grenue ou nevé se trouve à toutes les altitudes.

assez prolongé, on cherche à faire la vérification et l'application des données que fournissent la plupart des écrits, on ne tarde pas à s'apercevoir que les règles posées, et en quelque sorte acceptées jusqu'ici, sont bien loin d'être définitives et qu'elles devront encore subir d'importantes modifications.

Les observations recueillies annuellement et pendant près de vingt ans par **M. Dollfus-Ausset**, et principalement sur le régime des glaciers de l'Aar, seront sans doute prochainement publiées, et l'opinion que je viens de formuler sera appuyée de preuves et de chiffres. Aussi, dans ce Mémoire sur les formations erratiques des Alpes, ne me suis-je pas proposé de traiter la question avec tous les détails qu'elle doit exiger et qui trouveront leur place ailleurs; et je me bornerai à donner ici un résumé, aussi succinct qu'il me sera possible de le faire, des documents que j'aurai occasion de rappeler quand je reviendrai à un examen moins incomplet des questions que je ne ferai qu'aborder sommairement aujourd'hui.

La neige est l'élément *essentiel* et *générateur* des glaciers; nulle part dans les Alpes elle ne persiste indéfiniment à l'état où elle est tombée pendant l'hiver : partout au contraire elle subit d'une manière plus ou moins sensible les influences atmosphériques, et elle se fond et disparaît en totalité ou en partie durant la saison de la chaleur et des pluies.

H. 3. L'eau provenant de la fusion de la surface des amas ou de la totalité des couches superficielles pénètre dans la masse inférieure, l'imbibe et la convertit en *neige grenue* ou *nevé*, et lorsqu'ensuite les couches de nevé, mises à nu ou recouvertes par de nouvelles neiges, reçoivent une nouvelle et suffisante quantité d'eau provenant soit de la fusion de ces neiges ou de la surface de ces couches, l'eau imbibe et développe les grains, et en se congelant dans la partie inférieure qui touche le sol, transforme le nevé en une masse solide de glace grenue et bulleuse que l'on nomme alors un *glacier*. Embryon glaciaire.

C'est ainsi que se sont formés les glaciers actuels et que se produisent çà et là ces glaciers temporaires qui se développent sous nos yeux, persistent pendant une ou plusieurs années, puis finissent par disparaître, et dont l'étude offre d'autant plus d'intérêt que, dans leurs diverses phases de progrès ou de décroissance, on retrouve tous les détails du phénomène glaciaire.[1]

DA. [1] Cet embryon glaciaire ne peut se former qu'à une altitude au-dessus de 2600^{m} dans les Alpes, altitude à laquelle tous les glaciers sont adhérents au sol (complétement gelés, fixés, attachés au sol).

Quand un petit glacier temporaire s'est formé *(Pl. 1, fig. 2)*, la mince couche de glace à la surface du sol, provenant de la congélation du nevé qui a persisté au-delà d'un premier été, peut rester recouverte l'été suivant par une nouvelle couche de nevé *(fig. 3)*, et si le même fait se renouvelle successivement et pendant plusieurs années, l'épaisseur du glacier s'accroît.

Les glaciers, animés d'un mouvement plus ou moins prononcé de progression, déversant annuellement dans une région inférieure, et où elle irait se fondre, une certaine partie de leur masse, se maintiendraient à un niveau déterminé, s'élèveraient, s'abaisseraient ou diminueraient suivant qu'il y aurait compensation entre l'alimentation et la fusion : excès ou diminution de l'une ou de l'autre de ces deux causes exerçant une influence visible, incontestable sur leur régime.

Mais, si la quantité de neige qui tombe pendant l'hiver sur un point donné varie suivant la constance ou la variation des vents, celle que la fusion fait annuellement disparaître n'est pas moins variable, et les causes de la fusion ne se faisant pas sentir sur tous les points également et avec une constante intensité, il arrive souvent que l'on retrouve sur un glacier des couches de neige ou de nevé de plusieurs années antérieures, tandis que sur un autre, au même moment et à peu de distance, on voit la glace entièrement dégagée et en pleine voie de fusion ou de réduction. Dans ce cas, si les pertes ne sont pas compensées et au-delà par l'alimentation, et si la couche de glace successivement réduite à la fin de chaque été ne se renouvelle pas, le glacier doit finir par disparaître entièrement; c'est ainsi que se détruisent ordinairement les glaciers temporaires.

Un glacier ne pourrait donc persister et se développer que dans le cas où une partie de la neige tombée pendant l'hiver se conserverait à sa surface, et se convertissant en glace, s'ajouterait annuellement à sa masse. Et cependant il n'est pas rare de rencontrer des glaciers, ou temporaires ou permanents, entièrement dépouillés de nevés, sensiblement réduits par suite de l'ablation qu'ils subissent pendant l'été et qu'on retrouve chaque année, non-seulement dans des conditions telles que toutes leurs pertes paraissent avoir été réparées, mais encore en voie de progrès et dans des proportions qui semblent être en rapport avec les quantités de neige dont ils se sont trouvés chargés pendant l'hiver.

L'eau à l'état liquide est l'élément principal de l'alimentation des glaciers.

H. 4. Et si cette neige a suffi pour les alimenter, pour favoriser leur accroissement, et si en même temps, loin de former de nouvelles

couches de glace, il est démontré que non-seulement elle a disparu en totalité, mais qu'une partie du glacier lui-même a ressenti les effets de l'ablation, il faudra bien admettre que l'alimentation ne s'opère pas uniquement comme on l'avait pensé d'abord; et que si, dans certains cas, il y a *accidentellement* addition de couches ou de larges écailles de glace à la surface des glaciers, leur formation, leur progrès, leur conservation et leur marche ont pour cause évidente la neige; mais que cette cause, indépendamment des effets purement accessoires ou secondaires dont on s'est surtout préoccupé jusqu'ici, joue un rôle bien autrement important dans le régime des glaciers, *en leur fournissant l'élément principal de leur alimentation : l'eau à l'état liquide.*

De Saussure, le premier, et la plupart des auteurs après lui, se sont accordés à dire que les glaciers se formaient par la congélation répétée de la neige pénétrée d'eau; les expériences faites au Faulhorn par **M. Ch. Martins**, en 1841, ne laissent aucun doute à cet égard; elles font comprendre la marche de cette transformation, et en même temps elles démontrent que les glaciers augmentent par la congélation de l'eau qui pénètre dans leur masse.

Les glaciers, dit **M. Ch. Martins** en terminant, croissent par *intussusception*, suivant l'expression employée par **M. Élie de Beaumont**, et non par une simple addition de couches de neiges nouvelles qui se transforment en glace lorsqu'elles sont pénétrées par les eaux résultant de la fusion des neiges environnantes. Si les glaciers ne réparaient pas ainsi chaque année les pertes que leur font éprouver la fonte et l'évaporation superficielles [1], ils ne tarderaient pas à disparaître complétement jusqu'à la limite du nevé; et j'ajouterai qu'ils finiraient par disparaître *entièrement*, même de la région considérée comme *région du nevé*, si ces pertes éprouvées ne se réparaient que par l'addition de nouvelles couches de neiges transformées en glace; et si dans les cirques élevés, *l'eau d'alimentation manquant*, le volume de la glace ne s'augmentait sous la masse de neige ou de nevé qui la préserve de l'ablation superficielle; enfin si les glaciers, à un moment donné, pouvaient être privés de la quantité d'eau nécessaire à leur entretien et à leur développement, leur marche graduellement ralentie s'arrêterait tout-à-coup, lorsque la totalité de l'eau dont ils étaient pénétrés d'abord se serait convertie en glace.

BA. [1] Cette évaporation est très-faible et est plus que contrebalancée par la condensation.

L'eau est donc, ainsi que la plupart des auteurs l'ont dit, non-seulement l'élément de l'alimentation des glaciers, mais en même temps elle est la cause de leur mouvement; en effet, en se congelant, elle se dilate et occasionne nécessairement un mouvement d'expansion qui doit se faire sentir dans toute la masse de la glace et lui imprimer une impulsion qui l'entraîne principalement dans la direction où elle rencontre le moins de résistance, soit d'amont en aval suivant la pente du sol, soit supérieurement dans le sens de son épaisseur, en relevant sa surface; dans les autres directions elle trouve des obstacles qu'elle ne peut surmonter, et elle éprouve des résistances au contact des parois des montagnes bordant les cirques d'où elle descend et les vallées qu'elle parcourt, et contre lesquels sa surface seule peut se relever.

Mouvement des glaciers.

H. 5. Le mouvement des glaciers serait donc une conséquence naturelle de leur *mode d'alimentation;* il serait déterminé par la dilatation continuelle de l'eau dont toute leur masse est sans cesse imbibée, qu'ils reçoivent en diverses proportions et souvent même en excès à certaines époques de l'année, et qui, en pénétrant dans tous les interstices des grains de glace, suivant leurs joints entre-croisés et irréguliers, y introduit avec elle la cause unique de leur entretien, de leur accroissement et de leur progression.

La glace des glaciers est formée de grains plus ou moins gros, pressés les uns contre les autres, ayant des facettes irrégulières, courbes, planes, convexes ou concaves, entre lesquelles l'eau peut facilement s'introduire *(Pl. 1, fig. 7);* mais en raison même de cette structure, une fois que l'eau s'est engagée entre les joints des grains, entre ces innombrables parois si compliquées, elle circule avec une extrême lenteur et elle ne peut parvenir à la partie inférieure qu'après mille détours et un fort long trajet, pendant lequel elle s'est suffisamment refroidie pour se convertir en glace, soit en totalité, soit en partie.

Pendant l'été l'eau qui s'écoule d'un glacier forme souvent un torrent assez puissant; si toute cette eau, provenant de la fusion de sa surface, était convertie en glace, il est évident qu'au lieu de diminuer ou de rester stationnaire, le glacier augmenterait rapidement, puisqu'il ne subirait plus dans ce cas d'autre perte que celle que produirait l'évaporation. D'un autre côté, si la totalité de l'eau provenant de la fonte de la neige, du nevé et de la glace, s'écoulait sans se transformer, il est évident que toute dilatation cesserait, que la marche

serait interrompue et que, faute d'alimentation, le glacier décroîtrait et tendrait à disparaître.

Si le mouvement des glaciers n'est pas une conséquence de la dilatation produite par la *transformation en glace de l'eau qui s'y introduit*, et si cette transformation n'est pas la cause essentielle de leur alimentation, quelle serait donc la cause réelle de ce double phénomène, de ces effets étudiés avec tant de soins et de patience, et qu'aujourd'hui il n'est plus possible de nier?

Les glaciers, on le sait, et des expériences répétées l'ont démontré, sont animés d'un mouvement de progression qui n'est pas uniforme dans toute leur étendue, depuis les cirques jusqu'aux pentes terminales.

Sur un fond plat ou sur un plan incliné régulier, un glacier n'est même pas une masse animée d'un mouvement uniforme; on y remarque, comme dans les cours d'eau, une sorte de veine fluide suivant l'axe de la vallée et la ligne de la plus grande épaisseur, où la vitesse est plus considérable que sur les bords, et toujours cette vitesse *est en raison de la masse des sections observées*[1], plus considérable sur des comblements presque horizontaux, pour les masses épaisses, que pour les couches minces de glace suspendues ou appliquées sur des surfaces excessivement inclinées *(Pl. 3, fig. 2* et *3)*.

Et ce que l'observation a démontré à cet égard doit nécessairement se produire si l'eau est réellement l'élément de l'alimentation; une masse épaisse de glace pouvant absorber une quantité d'eau plus forte qu'une couche mince, les dilatations résultant de la congélation de l'eau seront plus considérables dans l'une que dans l'autre, dans des proportions constantes et qui ne varieraient que dans le cas où l'imbibition de chacune des masses comparées ne serait pas égale par mètre cube de glace; et finalement la vitesse d'un glacier sera, non-seulement comme je viens de le dire, en raison de sa masse, mais encore en raison de la quantité d'eau qui peut la pénétrer et s'y congeler.

Si la quantité d'eau absorbée était uniformément répandue dans un glacier, et *si la congélation de l'eau avait lieu instantanément dans toute la masse, le glacier serait converti en une glace compacte et parfaitement imperméable*; et cette première congélation une fois opérée, l'eau

DA. [1] Toutes nos observations confirment que la vitesse est en raison de la masse des sections observées.

provenant plus tard des pluies ou de la fonte superficielle s'écoulerait à la surface, sans pénétrer aucunement dans l'intérieur.[1]

Fissures. Crevasses.

H. 6. La structure même de la glace est une preuve que l'alimentation n'a pas lieu de cette manière, que l'eau n'y est pas également absorbée et répartie, et que la congélation ne s'y fait pas instantanément. D'un autre côté, comme l'eau en se congelant se dilate, les parties les plus imbibées éprouveront une plus forte dilatation; et il doit résulter des diverses tensions qui s'exercent alternativement dans la masse entière, des *ruptures*, des *dislocations* et la production de nombreuses *fissures* ou *crevasses*.

Le mouvement de progression d'un glacier n'étant pas uniforme dans toutes ses parties, les crevasses n'y sauraient être uniformément réparties, et elles doivent sur certains points se rencontrer en plus grand nombre et plus largement ouvertes, et c'est ce qui a lieu.

Sur le glacier de l'Aar (Unter-Aar), par exemple *(Pl. 3, fig. 1)*, jusqu'à la hauteur du Pavillon, elles paraissent presqu'entièrement fermées, tandis que sous le Pavillon, bâti sur des rochers formant un éperon qui, s'enfonçant sous le glacier, occasionne une chute, elles sont largement ouvertes entre la moraine médiane et la rive gauche.

Du Pavillon, en remontant vers les cirques, elles deviennent de plus en plus nombreuses, et au-delà de l'Abschwung, elles sont tellement larges et profondes, qu'on ne peut cheminer sur le glacier que lentement et avec les plus grandes précautions, lorsque, à la suite d'une ablation assez forte vers le milieu de l'été, le nevé, qui ordinairement les recouvre, ne forme plus qu'une couche mince et détrempée qui s'affaisse sous la moindre pression. Enfin, aux pieds des escarpements bordant les cirques, aux points où la pente se relève brusquement, on rencontre dans la plupart des glaciers une crevasse appelée *rimaye (Bergschrund)*, formant une ceinture circulaire et sinueuse qui semble marquer la limite des glaciers et indiquer celle des tassements inégaux : c'est une crevasse disposée comme toutes les failles, ayant le bord plus relevé contre l'escarpement, et l'autre déprimé inférieurement dans le sens de la pente, vers le fond du cirque.

Rimaye (Bergſchrund).

Au-delà de la rimaye, la glace se prolonge jusqu'au col à la séparation des glaciers de l'Aar et de Grindelwald; mais son épaisseur, sur des pentes abruptes, étant moins considérable et la glace étant adhérente aux parois des rochers, la progression dans le sens longi-

H. [1] **De Charpentier**, *Essais sur les glaciers*, § 7.

tudinal ne peut avoir lieu, et les divers mouvements étant moins sensibles que dans le fond des cirques, une rupture doit s'opérer au point même où ces mouvements commencent à se manifester plus sensiblement, et cette rupture est l'origine de la rimaye.

Si l'on considère un petit glacier établi sur un plateau *(Pl. 3, fig. 8)*, on voit sur la glace les couches successives de neige et de nevé régulièrement stratifiées, et si chaque année, ou après une série d'années même, une nouvelle couche de glace s'ajoutait, on aurait finalement une masse stratifiée. Cependant si le glacier, en se déplaçant, parvenait à un plan incliné et descendait en prenant partiellement une pente plus forte *(fig. 9)*, il y aurait nécessairement une discordance marquée dans la stratification, et les nouvelles couches de glace recouvriraient à l'amont, non-seulement l'ancienne glace, mais encore le sol.

D'un autre côté, un glacier, même rudimentaire, n'est pas formé par une couche de glace d'épaisseur uniforme. Sur son pourtour, au contact du sol et près de rochers échauffés par le soleil, l'ablation est sensiblement plus forte que vers le milieu de l'amas, et la glace aussi bien que le nevé tend à prendre une forme bombée au centre et déprimée vers les bords. Enfin, si la glace, dépouillée pendant quelque temps de son manteau de nevé, se trouve directement exposée à l'action atmosphérique, cette forme bombée se dessinera beaucoup mieux, et quand d'autres couches à surfaces supérieures horizontales s'ajouteront, elles suivront inférieurement les courbures de la glace, et la stratification sera encore irrégulière dans ce cas.

Malgré tant de causes qui peuvent affecter la régularité des strates, la division par couches des hauts nevés n'est pas moins un fait incontestable; et il ne restera plus qu'à rechercher si elle se conserve sans disparaître complétement dans la région inférieure des glaciers (chap. 2).

Glacier du Faulhorn

H. 7. On voit près du sommet du Faulhorn un petit glacier qui a été l'objet d'observations suivies de la part de **MM. Martins** et **Bravais**, et que j'ai eu occasion d'étudier pendant l'été de 1832, au moment même où **M. Dollfus** venait d'ouvrir une fouille profonde dans le sens de sa longueur *(Pl. 2, fig. 1, 2, 3 et 4)*.

J'ai pu alors mesurer exactement les dimensions du glacier, quelquefois entièrement caché sous des amas de neige, et constater que depuis 1844 il avait augmenté de 14 mètres en longueur et diminué de 22 mètres en largeur (glace et nevé).

En 1841, dans le mois de septembre, sa longueur était d'après **M. Martins** de 36m
sa largeur était de 72 mètres *(fig. 6)*.

Tandis que le 11 août 1842, **M. Bravais** trouvait en longueur 60m
sur 148 mètres de largeur *(fig. 7)*.

Et le 24 septembre 1844, en longueur. 77m
sur 177 mètres de largeur *(fig. 7)*.

Et en tenant compte de ces dimensions, on voyait qu'il avait augmenté dans le rapport de 1 à 8 en trois années.

Vers la fin de juillet 1852 *(fig. 2)* :[1]

Sa longueur était de 91m
Et sa largeur de 154m

La largeur et une partie du sol au pourtour étaient recouvertes par un nevé de 3 mètres d'épaisseur moyenne, et le glacier n'avait pas éprouvé les effets de l'ablation depuis six années et plus, puisque les bois d'une fontaine, placés en 1846 à l'amont, près du sentier et à 5 mètres du bord de la glace, n'ont pas été découverts depuis cette époque, et qu'au moment où ils ont été posés, le glacier était recouvert de nevé qui, au moment où la nouvelle neige de 1846 est tombée, devait avoir une certaine puissance, la couche qu'il forme aujourd'hui ayant encore 1m,60 d'épaisseur à l'amont et 1 mètre à la tranche terminale.

Cependant, sous le nevé, la glace ayant actuellement 60 mètres de longueur et 140 de largeur, le glacier aurait donc diminué depuis 1844 et en définitive augmenté depuis 1841, si l'on tient compte des chiffres que je viens de rapporter, et qui très-certainement ont été relevés avec soin.

Mais la glace recouverte entièrement depuis 1845, et certainement avant la fin de 1844, n'a pu diminuer sous le nevé et subir d'ablation; le nevé de 1845 *(fig. 5)*, conservé en grande partie en 1846 et protégé ensuite par de nouvelles couches de neige, aurait pu se convertir en glace et contribuer à l'agrandissement du glacier, qui cependant a de plus fortes proportions aujourd'hui qu'à l'époque où **M. Martins** l'a observé pour la première fois. En effet, sa largeur même, en ne notant que celle de la glace, s'est accrue de 36 à 60 et sa longueur de 72 à 140; et ces dimensions sont bien celles du glacier

DA. [1] En 1852 le glacier était couvert d'une épaisse couche de nevé, et les chiffres cités par l'ami **Mogard** sont très-approximatifs.

que **M. Martins** a pu étudier à loisir alors qu'il y avait *absence de nevé*, et qu'il se composait en *entier de glace spongieuse* à la surface *et compacte à quelques centimètres de profondeur seulement.*[1]

Or, un accroissement de 24 mètres en longueur et de 68 mètres en largeur en onze années aurait dû exiger la transformation d'une grande quantité de neige et de nevé; cependant en 1841 le nevé avait disparu, mais il en existait en 1842 et 1844. Aussi, dans cette intervalle, il y a eu augmentation; mais de 1841 à 1852 le glacier avait déjà reçu un accroissement notable en longueur surtout, puisqu'il était alongé de 36 à 60 mètres, ou de près du double : la quantité de neige tombée pendant l'hiver de 1841 à 1842 aurait donc été extraordinaire pour fournir, malgré l'ablation, assez de nevé et de glace; et de 1841 à 1842 l'alimentation et la transformation s'étant continuées et reproduites, on concevrait l'accroissement constaté.

Cependant le nevé de 1845 à 1846 n'a pas disparu, et à partir de 1846 il n'a cessé d'être protégé; et, on le voit au contact du glacier aussi bien que sur le sol, il ne s'est fait aucune transformation, aucune addition de nouvelles couches de glace : comment donc expliquer l'accroissement manifeste constaté de 1841 à 1852, si ce n'est par l'accumulation successive d'amas de nevé assez puissants pour envelopper le glacier, empêcher l'ablation de sa surface, tout en lui donnant l'élément essentiel de son alimentation. *Et cet élément est évidemment l'eau provenant de la fonte de la neige*, puisque toutes les couches successives de cette neige réduite en nevé, conservées à cet état depuis 1845, prouvent que l'alimentation et l'accroissement du glacier ne sauraient être le résultat d'une transformation de nevé en glace qui s'est ajoutée à sa surface.

L'eau est l'élément principal et exclusif de l'alimentation des glaciers.

Les faits que je viens de rapporter se produisent de même dans les grands glaciers et, malgré les difficultés qu'on doit nécessairement éprouver dans leur étude et les complications apparentes de leur régime, il ne sera peut-être pas impossible de démontrer que l'*eau est l'élément principal et exclusif de leur alimentation.*

Si l'accroissement des glaciers était dû à l'accumulation successive de nouvelles couches de glace annuellement produites, le niveau de certains glaciers ne tarderait pas à se relever sensiblement; dans les

DA. [1] Cette glace spongieuse, disloquée, se produit sur tous les glaciers découverts par les rayons solaires; à quelques centimetres au-dessous de la surface elle est compacte, ainsi que celle qui est couverte de nevé ou de matériaux.

cirques élevés, sur les cols et les plateaux, où le mouvement est faible, les exhaussements prendraient bientôt de fortes proportions, quand même le nevé transformé en glace ne produirait chaque année qu'une couche d'une faible épaisseur; à moins que, de temps à autre, à la suite d'une ablation plus considérable et extraordinaire, les surfaces des hauts glaciers ne fussent ramenées aux niveaux moyens qu'elles n'ont jamais dépassés depuis qu'on les observe. Et, dans ce cas, il faudrait admettre tout d'abord que les neiges de l'année et une partie des glaces produites par la transformation des nevés antérieurs disparaissant pendant le cours d'un été, les glaciers, privés alors de tout accroissement et ne recevant pas, par une addition de nouvelles couches de glace, une compensation aux pertes résultant de cette ablation extraordinaire, plus active encore dans leurs régions inférieures, seraient subitement réduits.

Neiges ou nevés qui couvrent temporairement les glaciers.

H. 8. Un glacier ne se divise pas en régions distinctes où la *glace* et le *nevé* se rencontrent exclusivement. A une certaine hauteur variable, la glace, qui semble disparaître, existe pourtant sans interruption sous le nevé jusqu'aux limites les plus élevées du cirque, tantôt cachée sous une couche de nevé plus ou moins épaisse, et tantôt entièrement dégagée et subissant à certains moments de l'année l'influence et les effets de l'ablation.

Entre la rimaye et le col de la Strahleck, par exemple *(Pl. 3, fig. 4)*, la glace appliquée contre une paroi très-inclinée de rochers est souvent visible; la fonte qu'elle éprouve alors, lorsque la totalité de la neige a disparu, tend à en réduire l'épaisseur, et sur ce point il est évident que, loin de s'accroître ou de rester stationnaire, le glacier devrait diminuer graduellement, ce qui n'a pas lieu.

La glace, quoique très-inclinée, peut cependant absorber une certaine quantité d'eau qui, en se congelant, rend à la masse ce que l'ablation a pu lui enlever momentanément, et dans des proportions telles qu'il y a seulement compensation et que le glacier, ne subissant pas d'augmentations ou de réductions appréciables, paraît stationaire.

Au-dessous de la rimaye (*Bergschrund*) jusque dans les environs de la pointe du Mittelgrat, on retrouve toujours, ou presque toujours, sans interruption des amas assez puissants de neige ou de nevé [1]; et c'est dans cette région que devrait s'opérer la transformation

DA. [1] La persistance des neiges ou nevés qui couvrent les glaciers est très-variable; en 1861 et 1862, à la fin du mois d'août, tout le cirque du Finster-Aar jusqu'à la base

des couches en larges écailles de glace destinées, selon quelques auteurs, à compenser les pertes que le glacier éprouve chaque année.

Je n'ai jamais visité ce cirque que dans le courant des mois de juillet ou d'août, et il ne m'a pas été possible de constater l'effet total de l'ablation annuelle, qui continue pendant la plus grande partie des mois de septembre et d'octobre dans les années favorables. Toutefois, à la fin du mois d'août, le nevé est souvent réduit à une enveloppe fort peu épaisse, surtout quand il a disparu du voisinage de l'Abschwung, où l'on croyait autrefois devoir fixer sa limite inférieure.

Généralement dans le courant du mois d'août[1], la surface totale du nevé, y compris les coulées latérales, atteint à peine 1 kilomètre, $8/10^{es}$ carrés, et son épaisseur moyenne ne dépasse pas 2 mètres, même en tenant compte des divers renflements qu'on y observe; il constitue alors un amas d'environ trois millions six cent mille mètres cubes au maximum, et ce volume est considérablement réduit à la fin de l'été, d'après des observations auxquelles on peut avoir confiance.

Toutefois, en admettant que ces trois millions six cent mille mètres cubes soient conservés en totalité et puissent l'année suivante se transformer en glace, et que le cirque du Lauter-Aar en fournisse la même quantité, soit en tout sept à huit millions même, on aurait en définitive, pour le maximum de l'alimentation, environ deux millions de mètres cubes de glace nouvelle.

Mais la surface de la partie du glacier découverte et non préservée par le nevé étant d'environ huit millions de mètres carrés, pour remplacer ce que l'ablation lui enlève, soit en moyenne 3 mètres de hauteur, l'alimentation serait à la diminution dans le rapport de 2 à 24 ou douze fois trop faible, soit même de 2 à 16 en ne comptant l'ablation qu'à 2 mètres en moyenne; ce qu'on ne saurait comprendre ou expliquer, puisque le glacier, on le sait, on le voit, est notoirement et incontestablement en voie de progrès. Il faut donc encore chercher ailleurs la cause de son alimentation en excès.[2]

de la Strahleck, le glacier était complétement à découvert, et plusieurs blocs de la bande de la moraine formaient table de glacier; on voyait des cônes graveleux. Le trajet du Grimsel à Grindelwald se faisait en marchant partout sur les glaciers découverts, et la paroi abrupte de la Strahleck était complétement dégarnie de matières gelées; on montait sur roche en place.

DA. [1] Dans certaines années.

DA. [2] Ce calcul est établi par notre ami **Hogard** pour 1858. En 1861 et 1862 tout le glacier à découvert a subi une ablation considérable de quelques mètres : toujours il vit et prospère.

Le nevé des cirques disparaît graduellement, à mesure qu'entraîné par le glacier, il parvient au-dessous d'une certaine limite.

On sait que les blocs qui tombent à sa surface s'enfoncent généralement et finissent même quelquefois par disparaître dans sa masse. S'il y avait production de couches successives de glace, on remarquerait dans une coupe transversale de ces bancs régulièrement superposés de glace les moraines latérales et médianes régulièrement étagées et reparaissant sur les affleurements des tranches des couches régulièrement distribuées (*Pl. 3, fig. 6 et 7*).

Mais jusqu'ici on n'a rien observé de semblable, et les blocs accidentellement engagés dans la glace y sont distribués sans ordre, ainsi qu'on peut le voir sur le front de la plupart des glaciers.

Dans le cirque de la Strahleck, sur le nevé, on voit deux blocs, dont l'un (le premier que l'on rencontre en montant) est parvenu vers le milieu du glacier, tandis que le second, plus à l'amont, est sur la rive droite.

Le premier côté, sous le n° 4 des points de la triangulation de M. Otz, ingénieur (*Pl. 3, fig. 5*), *repose sur la glace;* le 8 août 1852 il dépassait le nevé qui n'enveloppait plus sa base que sur une hauteur de 80 centimètres, épaisseur à cette époque du nevé vers le pied oriental du Schreckhorn. En observant sa marche depuis dix années, on a pu constater qu'à son pourtour il ne s'était ajouté aucune nouvelle couche de glace aux dépens du nevé, dont l'épaisseur va diminuer à mesure qu'il est entraîné plus bas, et jusqu'à ce que finalement le bloc entièrement dégagé pourra commencer à tabler sur sa base de glace, dépouillée de son manteau de nevé et exposée aux effets de l'ablation.

Si le nevé se transformait successivement en glace, on verrait les traces et les preuves de ce mode d'alimentation à la base de ce bloc, que la glace tendrait à envelopper graduellement en s'élevant de sa base vers le sommet; et si le bloc *reposant sur le glacier,* comme on l'a toujours observé, était autrefois entièrement recouvert de nevé, lorsqu'il se trouvait à un kilomètre à l'amont du point où il est parvenu, on devrait le retrouver aujourd'hui enveloppé et noyé dans la glace ajoutée annuellement dans le cirque, pour compenser les pertes annuelles subies par le glacier; mais depuis plus de douze années la surface du glacier n'a pas varié et ne s'est pas relevée en se recouvrant de nouvelles couches de glace.

Ce serait donc plus à l'amont qu'il faudrait rechercher des *nevés persistants* destinés à la transformation nécessaire pour réparer toutes

les pertes du glacier, quoique n'occupant plus qu'un espace fort circonscrit et renfermant incontestablement moins d'éléments de reproduction de la glace que les surfaces indiquées ci-dessus.

Mais plus à l'amont le second bloc venant de la rive droite est descendu du flanc de la montagne dans le courant d'août 1849; il avait laissé une trace ou sillon très-blanc à la surface ternie du nevé indiquant une chute très-récente. Je l'ai retrouvé chaque année, soit à la fin de juillet, soit dans les premiers jours du mois d'août, s'avançant avec le glacier, mais toujours à la *surface du nevé*, assez solide pour le supporter.

La totalité de la neige de 1849 à 1852 inclusivement a donc disparu dans le cirque avant la fin de l'été, sans que de nouvelles couches se soient ajoutées au nevé qui, loin de s'accroître, a dû aussi diminuer annuellement, sa surface étant exposée à l'action atmosphérique pendant un temps plus ou moins long; et si d'une part le nevé ne se convertit pas en glace inférieurement, et d'autre part ne s'accroît pas supérieurement par l'addition d'autres couches, on doit comprendre que sa transformation *en glace* ne peut désormais être considérée comme un fait régulier et constant d'alimentation et de réparation des pertes du glacier.

Marche des glaciers (progression).

H. 9. La neige est l'élément essentiel du phénomène glaciaire, et les glaciers augmentent ou diminuent en raison de la quantité qu'ils en reçoivent annuellement. On sait, en effet, que la quantité de neige tombée pendant un hiver n'est pas la même partout et qu'elle varie beaucoup dans les localités rapprochées, et non-seulement sur des glaciers voisins, mais encore sur les diverses branches d'un même glacier. On sait aussi que, dans un glacier divisé en deux branches, on n'observe pas toujours la même marche sur chacune d'elles, quoique placées dans des conditions à peu près identiques; que l'une va en diminuant, tandis que l'autre augmente, et que les progrès de celle-ci pendant l'été sont en raison de la plus grande quantité de neige dont elle s'est *trouvée chargée pendant l'hiver*, et incontestablement alors en raison du volume d'eau résultant de la fonte totale, quand on peut constater qu'il ne s'est rien ajouté à la surface du glacier sous forme de nevé ou de glace....

L'eau s'écoulant avec plus de rapidité sur de fortes pentes, le glacier le plus incliné en retiendra proportionnellement une moins forte quantité et devra croître moins fortement; et c'est ce qui a lieu, les glaciers à pentes rapides ayant ordinairement moins d'épaisseur que

les autres. Si donc l'alimentation n'était pas une conséquence de l'introduction de l'eau dans la glace, tous ces faits n'auraient pas lieu, *les glaciers ne glissant pas par leur propre poids*[1]: l'extension et le mouvement n'auraient plus de cause, et les accroissements par les additions successives de nouvelles couches de glace devant se produire uniformément dans les deux cas, les différences dont il vient d'être question ne s'observeraient plus.

La marche des glaciers n'est pas arrêtée pendant l'hiver comme on le croyait autrefois, mais elle a lieu sans interruption, sans intermittences durant toute l'année. L'eau dont ils sont pénétrés pendant la belle saison ne s'écoule ou ne se congèle pas tout-à-coup, et elle peut s'y maintenir constamment à l'état liquide dans un milieu dont la température moyenne ne doit pas varier; les refroidissements extraordinaires qui ont lieu pendant l'hiver ne peuvent affecter que les surfaces des masses de glace, quand elles ne sont pas recouvertes de couches puissantes de neige qui contribuent encore à y maintenir une température uniforme. S'il en était autrement, et si la congélation se faisait instantanément, les glaciers deviendraient des masses de glace compacte, et ils cesseraient de se mouvoir.

L'élévation de la température dans de certaines limites est éminemment favorable à l'extension des glaciers; aussi les plus considérables de la Suisse et ceux dont les progrès sont les plus rapides sont-ils exposés sur les pentes et dans les vallées dirigées vers l'Orient et le Midi : tels sont ceux de Viesch et d'Aletsch qui s'avancent vers le fond de la vallée du Rhône en culbutant des forêts qui en étaient éloignées autrefois; le glacier du Rhône à l'origine de la vallée; ceux de Zmutt et de Gorner, qui ne sont pas abrités par des cimes élevées et protégés contre l'action solaire; ceux du revers oriental du Mont-Blanc dans l'Allée-Blanche, etc.; enfin ceux de toutes ces contrées, où une évaporation plus active favorise la chute d'une quantité d'eau plus considérable sous forme de pluie ou de neige, et où la fusion étant plus active, l'alimentation devient plus abondante que dans toutes les vallées froides des revers Nord des montagnes des Alpes.

Le froid, aussi bien qu'une évaporation trop puissante, arrête évidemment les progrès de l'alimentation; aussi, sous l'influence d'une

DA. [1] Nulle part les glaciers ne glissent par leur propre poids; — à une certaine altitude, ils sont adhérents (gelés, fixés) au sol, et par conséquent ne sauraient glisser, et ne polissent pas les roches.

température trop basse ou trop élevée, des perturbations importantes ne manqueraient pas de se manifester dans le régime des glaciers.

Les observations que je viens de rapporter ne permettent pas d'admettre qu'à l'époque d'une grande extension des glaciers il y ait eu une période frigorifique, et que nos contrées se soient trouvées sous un climat glacial : ces glaciers n'ont pu s'étendre comme ils l'ont fait autrefois qu'à la suite de chutes très-considérables de neige qui se serait accumulée soit sur les lieux élevés, soit même dans les vallées, sans donner naissance à des amas de glace qui n'ont pu se produire que par la transformation de la neige en nevé et du nevé en glace grenue, opérations qui ne s'opèrent et n'auraient pu s'opérer qu'avec le concours de l'eau; et ainsi que l'a fait remarquer **M. Lecoq** [1], la neige qui peut se précipiter sur un point refroidi dépend de l'eau qui a pu se vaporiser, et la vapeur est nécessairement sous la dépendance de la proportion de calorique appliquée à sa production. Plus le climat est chaud, plus l'air dissout de vapeur et plus grande est la quantité de neige qu'il peut déposer quand, passant sur des points élevés où la température est à zéro, il perd en partie son pouvoir dissolvant et abandonne son humidité.

Les conditions favorables à l'extension des glaciers actuels étant la production d'une plus *grande quantité de neige et une fusion active*, favorisées par une température élevée, on devrait admettre qu'à l'époque de leur plus grande extension, les chutes de neige étaient proportionnellement plus abondantes, et qu'en même temps une surélévation de température pendant une partie de l'année devait en favoriser alternativement et la production et la fusion; l'alimentation nécessaire à la conservation des glaciers ayant d'immenses proportions ne peut avoir lieu qu'à cette double condition.

Cette théorie paraît confirmée par ce que l'on observe dans les Alpes, où la neige ne se répand pas d'une manière uniforme sur les cimes et dans les cirques élevés; elle tombe avec plus d'abondance aux expositions méridionales, et les plus grands glaciers descendent dans les vallées dirigées vers le Midi, ayant une température moyenne plus élevée que celle des versants exposés au Nord, occupées par des glaciers moins considérables. Mais dans les Vosges et la Forêt-Noire, par exemple, une surélévation de température suffirait-elle pour

[1] *Bulletin de la Société géologique de France*, t. IX, 2e série, p. 328, séance du 5 avril 1852.

occasionner la chute de grandes quantités de neige, et la production de glaciers sur ces montagnes, dont les cîmes se maintiennent à 1500 mètres au-dessous de la limite inférieure des glaciers des Alpes? Cela ne paraît pas probable, à moins que le relief du terrain ne soit en même temps singulièrement modifié.

Les causes de la production et de la conservation, pendant une longue suite de siècles, des glaciers qui, à une époque récente, ont recouvert ces contrées, sont donc encore inexpliquées, et l'on ne peut aujourd'hui les déterminer d'une manière rigoureuse, ni prévoir quand il sera possible de sortir définitivement, à cet égard, du champ des conjectures et des hypothèses.

Mais, d'après les considérations qui précèdent, la neige serait l'élément essentiel de la conservation et du développement des glaciers; elle les protège en les recouvrant en totalité pendant une grande partie de l'année et partiellement dans les hautes régions durant l'été, et elle ne peut disparaître dans les régions inférieures, ou diminuer en étendue et en épaisseur dans les cirques, qu'en fournissant l'eau nécessaire pour assurer leur alimentation et déterminer en même temps leur mouvement.

Ces deux effets sont et doivent être nécessairement les conséquences d'une seule et même cause; et si la congélation de l'eau dans l'intérieur d'un glacier doit occasionner des tensions plus ou moins considérables, il est évident qu'elle ne peut avoir lieu sans y produire en même temps une augmentation du volume de la glace.

S'il en était autrement, et si le mouvement et l'alimentation résultaient de causes différentes, indépendantes l'une de l'autre, on chercherait inutilement à expliquer les faits observés, et à comprendre comment ils se produisent, et par quelle voie se réparent ou se compensent les pertes que les glaciers éprouvent par l'ablation, lorsqu'il faut bien renoncer à trouver les compensations dans les additions successives et supposées de larges écailles, de nouvelles couches de glace qui, nous l'avons constaté, ne se produisent pas dans les cirques élevés, réservoirs naturels où se trouvent pourtant les accumulations de neige et de nevé, sources de production et de conservation de la glace.

Essayons maintenant de rechercher quelles sont les transformations que peuvent subir la neige et l'eau, et les phases principales de l'alimentation et du mouvement.

Neiges et nevés. H. 10. La neige des hautes régions n'a pas de caractère propre;

elle est polymorphe comme celle de la plaine[1]; les causes de sa transformation en nevé n'ont pas encore été indiquées d'une manière satisfaisante; toutefois quelques auteurs ont considéré le fait de cette transformation comme une nouvelle cristallisation; quant à la forme

H. [1] On remarque souvent à la surface de la neige des hautes régions des Alpes de larges taches d'une teinte rosée et qui, foulées aux pieds, deviennent pourpres et offrent l'aspect de traces ou d'empreintes sanglantes. Neige rouge.

Ces taches, qui prennent quelquefois une extension considérable, envahissant la plus grande partie des champs de neige, ont fait croire à l'existence de la *neige rouge*, dénomination qu'on leur conserve, quoiqu'on sache qu'elles ne sont pas formées d'une espèce particulière de neige, mais qu'elles appartiennent à la neige ordinaire accidentellement colorée par un corps étranger qui se développe à sa surface et la pénètre plus ou moins profondément.

Le phénomène de la coloration de la neige n'est pas particulier aux Alpes; mais il a été remarqué aussi dans les régions polaires, où les capitaines **Ross** et **Parry** l'ont observé en 1818. Ils aperçurent des rochers couverts d'une neige écarlate, pénétrée jusqu'à une profondeur de 3 à 4 mètres d'une matière rouge.

Ils avaient déjà remarqué que, lorsque les traîneaux chargés passaient sur la neige durcie, ils laissaient derrière eux une nuance qu'ils attribuaient à quelque matière colorante contenue dans le bouleau dont ils étaient construits, et que le froissement et la pression dégageaient. Mais s'étant aperçus que les patins sur lesquels les traîneaux glissaient et les crampons de leurs souliers produisaient le même effet, ils purent constater qu'il était dû à la compression de la neige ou de la glace.

La substance colorant la neige, examinée au microscope par plusieurs savants anglais, leur parut une production végétale et a reçu les diverses dénominations de *Protococcus nivalis*, *Palmella nivalis*, et *Uredo nivalis*, opinion généralement adoptée par les naturalistes qui ont étudié la neige rouge.

Cependant, vers 1840, **M. Desor** s'est occupé de l'examen de cette matière colorante de la neige des Alpes et a rapporté dans ses *Excursions*, p. 215 et suivantes, les observations auxquelles **M. Rougemont de Lowemberg** venait de se livrer pour en vérifier la nature.

M. Schuttleworth, le premier, avait examiné sur les lieux la neige rouge avec un appareil d'optique suffisant, et il avait reconnu que les petits corps ronds considérés comme des plantes et des sporules paraissaient pour la plupart doués d'un mouvement spontané, comme des infusoires, et devaient à l'avenir être considérés comme de petits corps animés dont on pouvait apprécier le développement et le mode de propagation, et qu'ils appartenaient au genre *Astasia*, Ehr.

Mais **M. Desor** faisant remarquer que chaque corpuscule offrait une carapace transparente, ronde ou ovale, entourant le corps, qui devient invisible quand l'animalicule se meut (ce que **M. Schuttleworth** n'avait probablement pas aperçu), ces infusoires doivent être rapportés au *Discerea de Morren;* que l'espèce de la neige rouge devait recevoir la dénomination de *Discerea nivalis;* enfin, que les formes décrites et observées par **M. Schuttleworth** sous les noms d'*Astasia nivalis*, *Gyges sanguineus*, *Protococcus nivalis*, *Pandorina hyalina*, représentaient autant de phases du développement du même animal, le *Discerea nivalis*.

Le même auteur cite en outre deux autres espèces de corps globuleux, l'un d'un rouge foncé tirant sur le brun, l'autre de couleur brunâtre, tirant ordinairement sur le vert, dont **M. Schuttleworth** a figuré une carapace vide sous le nom de *Monas cereus*, et qui paraissent évidemment se rapporter à la même espèce.

des grains de nevé, **M. Ladame** pense qu'elle est l'effet d'une oblitération continue des cristaux, et que la cause essentielle de cette oblitération réside dans les variations fréquentes de la température; si l'on place, dit-il, dans un endroit où la température est invariable, une dissolution convenablement concentrée de sulfate de soude, on obtient de grands et beaux cristaux; mais si on la place dans un lieu où il y a de nombreuses variations de température, les cristaux sont courts, ils présentent beaucoup de facettes et prennent ainsi la forme arrondie; et il conclut de cette expérience que les successions de fonte et de solidification déterminent dans les cristaux une oblitération qui les arrondit. Et comme ce sont là précisément les circonstances dans lesquelles se trouve la neige dans les hautes régions, quoi de plus naturel que d'attribuer à une influence semblable la forme des grains de nevé?[1]

La transformation de la neige en nevé paraît une conséquence naturelle des variations de la température[2]. Lorsque la température s'élève, les couches superficielles se fondent et l'eau qui se produit filtre dans les couches inférieures, imbibe les cristaux qui s'oblitèrent et se convertissent en grains, dont un abaissement de température arrête ensuite la fonte totale et assure la conservation (*Pl. 1, fig. 4*).

Les cristaux de neige étant irréguliers et se réunissant en nombre et en groupes variables, ne se trouvant pas placés dans des conditions qui puissent permettre des modifications égales, uniformes de toutes leurs facettes dans chacun de ces petits groupes, on conçoit qu'ils ne doivent pas affecter une forme arrondie, régulière et exclusivement globuleuse (*Fig. 5*).

Et, en effet, ces grains sont polymorphes, et s'ils offrent des por-

Tous ces corps indistinctement sont considérés aujourd'hui comme étant de *nature végétale:* à partir de la couleur verte, en passant au rouge vif, ils se colorent finalement en bleu ou en brun, en subissant les diverses phases de leur production, de leur développement et de leur destruction: changements de couleurs dans l'enveloppe, dans les sporules, que l'on observe aussi visiblement dans un grand nombre de plantes cryptogames dont les capsules et les sporules varient du blanc au jaune et au brun foncé, et dont on n'a jamais songé à multiplier les genres et les espèces en raison des formes variées et de la coloration diverse qu'elles prennent aux différentes époques de leur *croissance.*

H. [1] **Agassiz**, *Système glaciaire*, p. 144.

DA. [2] La transformation de la neige en nevé est une conséquence des variations de température, et surtout de l'état hygrométrique de l'air. — Voyez *Glaciers en activité*, paragraphes DA.

tions arrondies, ils affectent identiquement les formes que l'on observe dans les grains plus développés de la glace, des angles aigus, des surfaces convexes et concaves, et visiblement aussi des stries d'une extrême finesse (*Fig. 6*).

Une couche de nevé n'a que l'apparence de la structure oolitique, d'un amas de grains arrondis de même forme et de même grosseur, ainsi qu'on paraît l'avoir admis jusqu'ici, et que je le supposais moi-même, d'après les descriptions, avant d'avoir pris le soin d'examiner de plus près la structure des nevés et de la glace opaque à laquelle ils donnent lieu en se solidifiant.

Toute espèce de neige, dans la plaine aussi bien que dans la montagne, peut se convertir en nevé et subir une seconde cristallisation, lorsqu'elle est suffisamment imbibée; mais lorsque ensuite le nevé, par un abaissement de température, se congèle, il se convertit en glace opaque à grains anguleux, et cette glace, ultérieurement pénétrée d'eau, se transforme graduellement en glace de plus en plus transparente et compacte, à grains plus gros, mais toujours indépendants, rapprochés, serrés les uns contre les autres, mais nullement soudés entre eux dans une même masse.

L'air non dissous, disséminé entre les grains de nevé ou dans leur intérieur, retenu et enfermé dans les grains de glace, s'y réunit en petites bulles parfaitement circonscrites qui se dépriment et s'aplatissent ensuite par l'effet de pressions continuelles (*Pl. 1, fig. 8 et 9*).

La glace de nevé (et celle du glacier qui n'est que la complète transformation de la première) conserve toujours, et dans toute l'étendue des masses qu'elle constitue, la structure grenue propre à la glace provenant de la congélation de la neige imbibée d'eau; cette structure, qui est une preuve de son origine, est une condition essentielle de la conservation des glaciers, la neige trop fortement imbibée et saturée d'eau formant une pâte dans laquelle les cristaux se déforment entièrement et se prend en glace opaque et bulleuse, constituant une masse compacte et imperméable.

Un glacier composé de cette espèce de glace serait une masse inerte n'ayant aucune des conditions de durée ou de progrès. Et les glaciers actuels ne tarderaient pas soit à disparaître, soit à se retirer sensiblement, si, par suite d'un abaissement subit de température, l'eau dont ils sont imbibés pouvait, à un moment donné, se congeler tout-à-coup, souder les grains et fermer toutes les fissures, tous les

joints sinueux existant entre eux, et qui sont les canaux de l'infiltration.[1]

Glace de glaciers.

H. 11. La glace de glacier, désignée sous la dénomination de compacte, offre souvent, à la vérité, l'aspect d'une masse vitreuse transparente; elle n'est pourtant que la réunion de grains de glace véritablement compacte, imperméable, juxtaposés et séparés par des fissures très-minces et qui forment un réseau tellement serré et compliqué, que la glace prend l'aspect de la glace opaque aussitôt que l'eau cesse de lubrifier ces joints, et que l'air extérieur peut accidentellement y pénétrer en même temps que l'air dissous peut se dégager.

La glace des glaciers conserve une structure qui révèle son origine, et dans toutes ses parties on retrouve indistinctement, invariablement, les grains polymorphes, plus ou moins développés et grossis, qui sont entrés dans sa composition comme éléments primitifs et constitutifs (*Fig. 7*). Ces grains caractérisent les nevés et la glace de neige imbibée d'eau, et ils ne peuvent perdre leurs formes irrégulières, déterminées originairement par un premier tassement, et que les pressions tendent ensuite à accuser plus nettement, mais ne sauraient évidemment ramener à la *structure globuleuse* qu'on avait cru autrefois entrevoir dans la glace de nevé.

Fissures capillaires.

Cependant il semble que les auteurs qui jusqu'à ce jour ont décrit les glaciers les considèrent comme des masses plus ou moins homogènes, ayant pour caractère essentiel d'être traversés par un réseau de *fissures capillaires,* dont la production aurait pour cause la pression et les variations de la température; et dans cette hypothèse, les *fragments* constituant la glace ne seraient pas les grains originaires de nevé, soudés et grossis, mais bien des *morceaux* ou des *éclats* d'une masse fissurée dans tous les sens (*Pl. 3, fig. 10*).

On ne voit en effet aucun glacier composé d'une masse homogène de glace n'offrant ni fentes ni fêlures. La glace est toujours divisée en fragments plus ou moins volumineux et en masses polyédriques entre les plans entrecroisés de fentes ou de crevasses rectilignes, ou en zigzags, déterminés par la dilatation, par l'accélération ou le ralentissement momentané d'une portion de glaciers, par des déversements, etc. Puis ces masses comprises entre les crevasses se subdivisent à

DA. [1] Cette congélation se fait par suite de basses températures auxquelles les surfaces du glacier sont exposés; de même celles qui sont couvertes de nevés; mais dès que sa température revient à zéro (glace fondante), les grains sont de nouveau séparés et l'infiltration a lieu.

l'infini en fragments plus ou moins gros par des fentes multipliées, très-fines et nommées fissures capillaires.

Quelque nombreuses que soient ces fentes, quels que soient leurs entrecroisements, les fragments déterminés par leurs intersections sont et doivent être des morceaux anguleux polyédriques plus ou moins réguliers; et les crevasses ou les fissures ne sont pas uniformément réparties dans l'intérieur de la glace. Dans le *voisinage* du nevé elles sont généralement plus nombreuses, ainsi que l'indique une plus grande transparence résultant d'une infiltration plus abondante. Et ces portions plus complétement fissurées se dessinent sous la forme de *bandes* ou de *zones verticales assez distinctement limitées*. Quand ces bandes, désignées sous le nom de *bandes bleues*, ont acquis une certaine épaisseur, elles se distinguent parfaitement par leur reflet brillant, par leur teinte azurée, de la glace bulleuse, dans laquelle elles sont comme enchâssées. Bandes bleues.

Ces fentes diverses ne peuvent déterminer qu'une sorte de clivage régulier et des fragments à facettes généralement régulières, à angles bien prononcés, mais non ces grains de glace offrant à la fois des angles très-aigus, des surfaces planes et contournées, des pointes saillantes, des mamelons arrondis ou des enfoncements concaves, caractères qui révèlent une autre origine et prouvent qu'indépendamment des ruptures, des dislocations ou des fentes déterminées par la tension, la glace affecte un clivage particulier; qu'après une première et incomplète transformation, la glace de nevé ayant l'apparence d'une masse oolitique se résout encore en grains anguleux, et que plus tard, lorsque suffisamment saturée, elle est parvenue à l'état de glace, elle conserve une structure propre, ces mêmes globules grossis, modifiés sans doute par la compression, mais dans lesquels on ne saurait méconnaître les éléments générateurs de la glace de glacier.

Les *fissures dites capillaires* ne naissent pas spontanément par suite de dilatations intérieures ou lorsque la glace est mise à découvert; elles existent sous les couches de nevé et à toutes les profondeurs; le réseau de ces fissures dans l'intérieur est exactement semblable à celui de la surface, et si on expose à l'action de la chaleur des morceaux de glace pris à diverses profondeurs, à un point donné, on obtient des grains de même grosseur et de même forme.[1]

DA. [1] Un bloc de glace, qui a l'aspect le plus compacte, détaché du glacier et placé par une belle journée chaude aux rayons solaires, se disloque et se partage en grains d'une certaine grosseur.

Si l'on préserve la surface fissurée et désagrégée de la glace au moyen d'une couche de sable ou de gravier, par exemple, cette surface devient unie et transparente, la face paraît compacte et les fissures cessent d'être apparentes; et cependant ces fissures ne se sont pas soudées dans l'intervalle. C'est le gravier qui, en interceptant l'action de l'air et des rayons solaires et en maintenant les fissures *pleines d'eau*, rend ces fissures invisibles et donne à la masse une fausse apparence de compacité qui cesse au moment où l'air, la chaleur et les rayons solaires y ont de nouveau accès.

Et les grains de la glace, qui ne sont que des agglomérations de grains de nevé, ont en outre un caractère particulier : leurs faces sont recouvertes de stries ou de rides fines et serrées, que l'on peut considérer comme des stries de *cristallisation* ou d'*accroissement* résultant de la congélation partielle et successive de l'eau qui circule dans l'intérieur des glaciers.

Recherchons maintenant si cette congélation peut avoir lieu et si elle est nécessaire pour assurer l'alimentation et déterminer la progression. — On sait et on reconnaît que l'eau qui coule à la surface des glaciers s'introduit dans leurs masses et y pénètre par les fentes ou crevasses, ainsi que par les fissures résultant des ruptures déterminées par la tension, aussi bien que dans les joints des *fragments* ou des grains dont elle se compose.

On ne connaît pas d'une manière certaine les variations de température que peuvent éprouver les glaciers, et on le conçoit; il n'est pas facile de tenter et de poursuivre les expériences nécessaires pour arriver à une solution rigoureuse de cette question.

Durant toute la belle saison, il y a de l'eau dans l'intérieur des masses de glace, et si elle s'y maintenait en totalité à l'état de liquide, il paraît rationnel d'admettre qu'alors la température est invariable; on sait en effet que les variations de température sont limitées aux couches superficielles, dans une zone de peu d'épaisseur. Ainsi, des thermomètrographes placés par **M. Agassiz** dans des trous de 8 mètres de profondeur ont quelquefois été gelés au fond de ces trous, tandis qu'ils ne l'ont jamais été dans des trous de 60 mètres, où ils ont accusé une température invariable.[1]

Si, durant l'été, la constance de la température intérieure est une conséquence de l'abondance de l'eau à cette saison, on conçoit que la

[1] **Agassiz.** *Système glaciaire*, p. 121 et suiv.

puissance de la zone superficielle, influencée par la température extérieure, augmente à l'approche de la saison froide, à mesure que l'ablation diminue et que le glacier cesse d'être journellement inondé par les eaux de la fonte de la surface. Le froid doit alors pénétrer à une plus grande profondeur.

Des expériences directes ont démontré qu'il *gèle* dans l'intérieur des glaciers; et **M. Agassiz** en a rapporté diverses preuves concluantes dans son compte-rendu des observations faites de 1841 à 1845 au glacier de l'Aar, et il est démontré que la glace des glaciers n'est pas continuellement à la température zéro, mais qu'elle peut tomber sensiblement plus bas.[1]

L'eau qui circule au travers des masses de glace s'y trouve donc habituellement dans des conditions qui permettent, favorisent ou accélèrent sa congélation, et comme elle se solidifie ordinairement à partir de zéro et que la température peut descendre au-dessous de ce point jusqu'à 6°, 8° et même 12° sans qu'elle se congèle, sa transformation en glace peut se faire lentement et graduellement, de manière à produire les dilatations déterminant le mouvement, et à rendre en même temps, par des additions successives, aux glaciers ce qu'ils ont perdu par la fusion.

Si l'eau, ramenée à 0° et au-dessous, se congelait instantanément, la glace deviendrait alors véritablement compacte; tous ses fragments se trouveraient comme enveloppés dans un réseau de glace imperméable, l'infiltration étant alors interrompue et impossible, et en même temps, comme on l'a vu, l'alimentation ne résultant pas de l'addition de nouvelles couches de glace dans les cirques élevés, l'équilibre serait rompu; et la fusion de leurs surfaces se reproduisant périodiquement, sans compensation, les glaciers auraient atteint le terme de leur croissance; et ne subissant plus que les effets de l'ablation, ils seraient promptement réduits, ou même pour la plupart entièrement détruits.

La persistance des fissures, la circulation de l'eau dans leur intérieur sont donc nécessaires pour leur conservation ou leur progrès. L'eau, dans les limites de température de 0° et même au-dessous, peut s'y maintenir à l'état liquide, et ne s'y congeler que lentement et *partiellement*; les traces de cette transformation sont visibles sur les faces des grains de la glace recouvertes de stries fines, de rides qui, en se combinant entre elles, donnent lieu à des dessins très-variés,

[1] Même à d'assez grandes profondeurs de la surface.

semblables aux cristallisations qui recouvrent les parois des crevasses et des cavités tapissées de cristaux de glace d'eau.

On sait que ces grains de glace sont imperméables, et que la coloration apparente d'un bloc injecté n'occupe que les fissures séparatives de ces grains ayant alors acquis les caractères de la glace d'eau ; l'eau, en circulant dans ces fissures, peut recouvrir partiellement ou entièrement un de ces grains d'une nouvelle pellicule de glace transparente, ou deux grains contigus simultanément ou successivement. La pression s'exerce alors sur la mince lame d'eau séparant encore les deux surfaces ou l'une d'elles seulement, et favorisant la séparation des grains qu'elle lubrifie extérieurement sans les pénétrer. C'est ainsi que les grains du glacier augmentent de volume et se développent graduellement à partir des cirques élevés, et qu'ils deviennent de plus en plus compactes vers l'extrémité des glaciers, et qu'en définitive l'alimentation et le mouvement sont déterminés et assurés.

Ces deux effets corrélatifs peuvent-ils avoir une autre cause, et peut-on le supposer en présence des observations recueillies jusqu'ici ? La marche et les phases du phénomène glaciaire trouvent une explication naturelle dans cette hypothèse, qui ne vient pas se heurter contre des improbabilités physiques et qui se justifie par les faits constatés.

La conversion de la neige en nevé et du nevé saturé d'eau en glace grenue se produit sous nos yeux.

Quand l'eau provenant de la fusion des couches superficielles vient de nouveau imbiber la glace de nevé, ses grains deviennent transparents, se réunissent et se soudent partiellement et donnent lieu par leur réunion à la production de grains plus gros d'une glace bulleuse, transparente, compacte, imperméable, dans l'intérieur desquels l'air, circulant par les interstices des éléments de la glace de nevé, est enfermé sous forme de globules arrondis : ces globules d'air, qui contribuent à donner à la glace un certain degré de plasticité, se compriment par suite des pressions exercées sur les grains, s'aplatissent, tendent à disparaître, finissent par se dissoudre en grande partie et deviennent de moins en moins nombreux vers l'extrémité des glaciers.

L'eau circule en tout temps dans la glace et y pénètre en suivant les interstices sinueux, et sa transformation en glace est possible, appréciable, incessante et nécessaire ; elle peut s'y congeler graduellement ou se maintenir à l'état liquide, sous l'influence d'une température moyenne qui ne doit pas descendre très-bas pendant l'hiver,

puisque l'eau ne se solidifie pas complétement pendant cette saison, ce que prouve l'état de la glace qui ne forme des masses réellement compactes dans aucune des parties des glaciers. Toujours elle se désagrège en grains ayant les mêmes caractères, les mêmes formes et qui ne diffèrent entre eux que par l'accroissement de grosseur qu'on peut constater en examinant les glaciers depuis leur origine jusqu'à leurs extrémités, où la glace la plus ancienne, et ayant acquis un développement complet, vient se déverser et se fondre.

Elle est nécessaire, puisqu'elle seule peut déterminer le mouvement et assurer en même temps l'alimentation et la réparation des pertes éprouvées; et c'est la conclusion à laquelle on doit forcément s'arrêter, jusqu'à ce qu'on soit parvenu à constater les additions successives de nouvelles couches de glace dans la région des nevés, *additions possibles dans quelques circonstances exceptionnelles*, et alors toujours insuffisantes, et qui dans aucun cas ne peuvent avoir une influence sensible et assurer l'alimentation qui se produit tout autrement, il faut bien le reconnaître, puisque, dans la plupart des cas et même dans les glaciers évidemment en voie de progrès, il ne s'ajoute aucune nouvelle couche de glace à leurs surfaces.

Elle est incessante, puisque les glaciers n'ont pas de moments de repos, comme cela est démontré aujourd'hui.

Enfin elle est lente et graduelle, ainsi que le prouve l'observation de leur marche, des écartements ou des rapprochements insensibles des parois des crevasses, des envahissements, des relèvements et de toutes les phases du mouvement, qui se révèlerait par des craquements plus ou moins violents si les tensions étaient soumises à des intermittences, à des variations subites et cessaient de se produire à un moment donné pour reprendre ensuite brusquement leur cours.

Stratification et clivage des glaciers.

H. 12. Dans ces derniers temps on s'est beaucoup préoccupé de la *stratification des glaciers*, et l'on conçoit que cette question paraisse offrir un certain degré d'importance aux auteurs qui ont vu dans les glaciers des accumulations de couches de glace successivement formées et continuant à se produire pour remplacer ce que la fonte enlève annuellement.

Dans les petits glaciers temporaires, dans les hauts nevés, on voit les couches successives de neige ou de nevé recouvrant la glace et visiblement stratifiées; il est impossible qu'il n'en soit pas ainsi, et il est évident que les anciens glaciers, aussi bien que ceux qui se produisent journellement sous nos yeux, n'étant que des amas de neiges

accumulées par couches successives pendant un temps suffisant et finalement converties en glace, doivent et ont dû offrir des traces de la stratification de ces couches aux dépens desquelles ils se sont formés.

Mais cette stratification s'efface et disparaît peu à peu dans les glaciers qui subissent des mouvements continuels et qui tendent à former des masses d'une apparente homogénéité.

Dans les glaciers temporaires et élevés la transformation n'étant pas encore complète, la stratification des couches successives reste tranchée ou apparente. Mais dans les hautes masses de glace, les coupures souvent parallèles ne sont plus marquées par les limites des couches : ce sont des tranches ayant souvent *plusieurs mètres d'épaisseur,* horizontales, verticales, ou diversement inclinées, d'une puissance telle, que dans la formation d'une seule de ces tranches serait entré un nombre considérable de couches annuelles réunies et confondues.

Dans les glaciers remaniés et non interrompus, comme celui du Rhône, par exemple, les strates de la partie supérieure ne pourraient se reproduire dans le même ordre inférieurement, puisque toute la masse du glacier se disloque, se découpe et se brise dans sa grande chute. Cependant sur le front du glacier on a observé de grandes tranches sensiblement parallèles entre elles et à la surface du terrain que recouvre la glace, divisions produites suivant les plans de progression de la masse.

Dans les glaciers interrompus et à plusieurs étages, les glaces, après plusieurs chutes, forment des coulées et constituent des couches contournées enveloppant les cônes de déjections qui se forment au pied du dernier escarpement. Ces cônes sont ou de la glace, ou des accumulations de glaces et de graviers. On conçoit qu'une division en tranches d'inégales épaisseurs, inclinées du sommet vers la base, se manifeste dans ces déjections, qu'elle reste visible et qu'on y puisse voir une preuve de la stratification essentielle des glaciers. Cependant, si une crevasse, une coupure quelconque permet d'étudier les dispositions intérieures d'un de ces cônes d'éboulement, on y retrouve des coupures ayant des allures différentes et ces tranches déterminées par les efforts d'expansion, semblables à celles que l'on a citées ailleurs comme une preuve de la stratification des glaciers, et surtout de leur reproduction, de leur alimentation par la transformation des nevés en nouvelles glaces.

Mais les nevés, nous l'avons vu, sont indépendants en quelque sorte des masses de glace qu'ils protègent et auxquelles ils fournissent la plus grande quantité d'eau nécessaire pour l'alimentation; ils les recouvrent concurremment avec la neige qui disparaît entièrement dans les régions inférieures, mais ils ne s'ajoutent pas à la glace qui les entraîne graduellement jusque dans le fond des vallées, où ils disparaissent à leur tour avant qu'ils aient subi une complète transformation; sans cesse renouvelés et détruits, ils constituent les réservoirs d'alimentation des glaciers, qui ne pourraient affecter leur stratification et leur structure que dans le cas où, *contrairement à ce que démontrent les faits* qui s'accomplissent journellement sous nos yeux, tout ou partie de l'alimentation résulterait de la transformation continuelle des nevés en nouvelles couches de glace, ajoutées chaque année à la surface des glaciers.

Ainsi, comme on vient de le voir dans le chapitre précédent, quelques portions de glaciers et les nevés sont incontestablement et quelquefois régulièrement stratifiés, et leur stratification est une conséquence de leur mode de production.

Lorsque la neige tombe par un temps calme et sans être poussée par des vents trop violents, elle se répand sur le sol à peu près uniformément, et elle s'accumule par couches successives plus ou moins épaisses et sensiblement parallèles entre elles. Les premières couches conserveront les ondulations de la surface du terrain qu'elles recouvrent (*Pl. 4, fig. 2*); mais peu à peu ces ondulations deviennent moins sensibles et finissent même par disparaître entièrement à mesure que la puissance des accumulations augmente, et la neige constitue alors des amas divisés par des couches successivement régulières, dont l'inclinaison est extrêmement variable, très-forte ou souvent inappréciable, suivant qu'ils recouvrent le fond des vallées ou des cirques, les plateaux rattachant entre eux les pics élevés ou les flancs des montagnes.

On rencontre à chaque pas des exemples de cette stratification des hauts nevés et des glaciers supérieurs, et les coupures produites par les éboulements continuels de ces masses congelées permettent de l'observer.

Sur les plateaux, entre le Cervin et le passage du Théodule du côté de Zermatt, le nevé et la glace, comme je l'ai représenté (*Pl. 4, fig. 1*), sont divisés en couches parallèles diversement inclinées et paraissant même horizontales sur quelques points; le glacier descendant du revers

opposé offre les mêmes dispositions, mais on voit ses couches s'incliner de plus en plus à mesure qu'en descendant on s'éloigne du faîte, jusqu'à l'escarpement marquant la limite de la région supérieure de ce glacier (*Pl. 4, fig. 3*). A ce point, les masses de nevé et de glace qui se détachent et tombent constituent un grand plan incliné, une sorte de coulée terminale formée elle-même de couches successives de ces éléments remaniés, de blocs plus ou moins volumineux, et dans laquelle viennent se confondre et s'entasser dans le plus grand désordre les débris de la masse stratifiée de laquelle ils se sont détachés (*Pl. 26*).

Dans les glaciers suspendus ou inclinés on voit les mêmes dispositions premières et les mêmes remaniements; ainsi, du revers Nord du Finster-Aar (*Pl. 4, fig. 5*), descend un petit glacier très-fortement incliné, à stratification très-régulière, et dominant un escarpement de rochers, au pied desquels ses débris successivement détachés (*Pl. 5, fig. 11*) viennent se diviser en blocs polyédriques et former un cône d'éboulement qui s'étale à la surface du glacier de l'Aar. Mais dans ce cône, dans ces couches inclinées, on ne saurait trouver aucune continuité entre le glacier qui les produit et celui auquel elles viennent momentanément s'ajouter; aussi doit-on entrevoir par ces deux seuls exemples, qu'on pourrait multiplier à l'infini s'il en était besoin, que si les glaciers, *dans leurs parties inférieures*, présentaient des traces incontestables d'une stratification régulière, cette division en couches ne saurait être considérée comme une conséquence ou une représentation des dispositions normales des nevés; on pourrait encore moins y voir une preuve de la conservation ou de la translation, sous forme de couches, de glaces successivement ajoutées à la surface des glaciers jusque dans les régions inférieures, où elles ne parviendraient qu'après avoir subi des dérangements, des modifications ou des remaniements plus que suffisants pour faire disparaître les traces de leur stratification première.

Chutes de neige.

H. 13. Bien rarement la neige se répand uniformément à la surface du sol; elle tombe presque toujours, chassée par des vents plus ou moins impétueux et constitue dans les cirques, en avant ou en arrière des pics et des obstacles que les vents viennent frapper, des amas irréguliers souvent très-puissants (*Pl. 1, fig. 11 et 12*).

Contre une muraille ou une paroi verticale de rochers, la neige ne vient pas s'appuyer complétement; et si le vent la pousse dans la direction de la flèche *f*, elle s'accumulera en face de l'obstacle, le

touchera par la base seulement et, en s'élevant graduellement, elle formera un sillon à coupe circulaire, dont la lèvre supérieure tendra à se rapprocher de plus en plus de la paroi qui a déterminé un changement dans la direction du vent.

Supérieurement, l'obstacle reçoit souvent un chapeau de neige, formant une sorte de corniche, dont la saillie plus ou moins prononcée, aigue ou arrondie, s'avance suivant la direction du courant; puis, de l'autre côté, la neige s'accumule sous formes de nappes ou de cônes plus ou moins inclinés, soit contre l'obstacle même, soit à distance en formant un nouveau sillon opposé au premier; les lèvres ou les parois de ces sillons offrent souvent des cannelures, des filets renflés et concaves, des stries déterminées par l'action du vent.

Et ces dispositions, on le comprend, doivent varier à l'infini, suivant les inclinaisons des courants atmosphériques; et nécessairement les quantités de neiges accumulées dans les hautes vallées, dans les cirques, sur les plateaux élevés, doivent varier aussi en raison de la prédominance de tel ou tel vent pendant l'hiver, de la direction des crêtes, de la puissance des formes, de l'isolement ou du rapprochement des pics.

Les accumulations de neige ont reçu diverses dénominations qu'il est bon de noter en passant, pour comprendre les distinctions établies par les différents auteurs qui ont étudié la question des glaciers. Ainsi, généralement on conserve la dénomination de neige, de *champs de neige*, à la neige ou aux nevés, aux accumulations qui recouvrent uniformément les plateaux ou les vallées. Champs de neige.

On donne aux amas irréguliers, aux corniches ou saillies contre les obstacles, sur leurs sommets ou à leurs pieds, celle de soufflures, ou plus particulièrement de *neige ventée* (*Pl. 4, fig. 8ª et 8ᵇ*). Neige ventée.

Les cônes ou les amas d'éboulements ou d'avalanches sont les moines; et lorsque ces cônes sont logés dans une crevasse ou pli du terrain, où ils finissent souvent par constituer de petits glaciers temporaires ou persistants recouverts de nevés, on les désigne plus particulièrement sous le nom de *Truelles* (*Pl. 1, fig. 10*). Truelles.

Ces diverses dispositions sont représentées (*Pl. 1, fig. 10 et Pl. 4, fig. 5*).

Les cirques, les champs de neige, sont les réservoirs d'alimentation des glaciers : c'est là que les masses de neiges nécessaires à leur conservation, à leur développement viennent s'accumuler; et si ces accumulations, comme on vient de le voir, variant d'un lieu à l'autre, ne

sont même pas uniformément répandues sur les divers affluents d'un même glacier, il doit en résulter dans les puissances, dans les formes et dans les allures des glaciers, de notables différences.

Dans les *nappes*, dans les *cônes de neige*, la stratification existe toujours, mais les couches irrégulièrement contournées sont renflées ou déprimées, et dans un même cirque les cônes des différents versants venant à se réunir ou se confondre à leurs bases, la stratification cesse d'être régulière, les couches sont oblitérées, entrecroisées et ne présentent plus que des amas confus de neige ou de nevé, mais non ces strates *uniformément* étalées et *superposées* à la surface des glaciers, selon l'opinion de quelques auteurs, successivement converties en glace et qui, finalement *ajoutées* aux glaciers, *incorporées* dans leurs masses, en *déterminent la stratification.*

Si les glaciers sont tous stratifiés, comme on l'a prétendu, leur division en couches aurait évidemment une autre cause, puisque, nous l'avons vu, les nevés ne s'ajoutent qu'accidentellement et temporairement sous forme de glace à leurs surfaces; et jusqu'à partir d'une région dont les limites seules sont incertaines et variables, ils disparaissent entièrement par l'ablation.

Sur les glaciers temporaires, on voit bien des nevés stratifiés dont les couches inférieures se convertissent en glace, s'ajoutent pour un certain temps et persistent jusqu'à ce que, faute d'une quantité de neige suffisante pour les préserver, et à la suite de chaleurs assez prolongées, ils finissent par être détruits. Dans les cirques des grands glaciers, des nevés stratifiés se voient de toutes parts, et les glaciers secondaires, les affluents offrent la même structure. Mais ces nevés ou ces glaciers viennent se joindre au glacier principal, soit au niveau de sa surface, soit par éboulements; dans ce dernier cas, la distribution première des couches est bouleversée et disparaît; dans le premier, il peut y avoir continuité et parallélisme.

Mais toujours, dans le trajet à parcourir pour atteindre les limites de la région au-delà de laquelle, en été, la glace est mise à découvert, toutes ces couches de nevé, remaniées ou conservées sans dérangements, fondent graduellement, et aucune d'elles ne parvient, soit en totalité, soit partiellement dans la région inférieure; et quand bien même, dans la région entière des nevés et de la neige, on retrouverait, sans aucun de ces dérangements qu'on observe à chaque pas, ces masses congelées distribuées en couches régulières et superposées parallèlement à la surface des glaciers, comme dans la *Pl. 5, fig. 9.*

et en admettant, ce qui est incontestable, que ces masses constituent les réservoirs de conservation et d'alimentation, on ne saurait encore y voir la preuve et l'origine de la prétendue stratification de glaciers inférieurs. Et, en effet, on sait, et on peut le vérifier, que la neige conservée à l'état de nevé ou partiellement et momentanément convertie en glace, ne s'ajoute pas par couches successives; qu'elle ne donne aux glaciers que de l'eau, et cette eau, qui s'infiltre dans la glace ou coule à sa surface, ne peut pas plus y déterminer une division par couches qu'elle ne le fait sur les masses granitiques dans les nombreuses fissures desquelles elle pénètre pour alimenter les réservoirs ou les sources des différents cours d'eau.

Fissures et crevasses.

H. 14. La glace des glaciers ne forme pas des masses compactes n'offrant ni divisions ni fractures; elle est toujours fissurée et divisée en un nombre souvent infini de blocs polyédriques, séparés par des fentes profondes, étroites ou largement ouvertes, que l'on nomme *fissures* lorqu'elles ont peu de largeur, et *crevasses* lorsque leurs parois offrent un écartement plus ou moins considérable.

Ces fissures sont produites par la dilatation et les mouvements en divers sens qui en sont la conséquence : la glace des glaciers, ainsi que des expériences l'ont démontré, n'est pas un corps rigide et cassant; elle jouit d'un certain degré de plasticité, insuffisant toutefois pour qu'elle puisse s'étendre sans que des solutions de continuité se manifestent dans sa masse. En outre, diverses circonstances doivent contribuer, on le comprend, à en déterminer la rupture : tels sont les tassements, lorsque les eaux qui coulent sous les glaciers y ont creusé des excavations, les pentes excessives ou les inégalités du sol qu'ils recouvrent.

Lorsque les fentes se forment, elles ont rarement plus d'un centimètre de largeur, mais elles ne tardent pas à s'élargir par suite de l'action de l'air sur leurs parois, lorsqu'elles sont profondes et qu'elles communiquent avec la face inférieure du glacier, soit directement, soit par diverses ramifications sur d'autres crevasses; lorsque cette communication n'est pas établie et qu'elles sont fermées inférieurement, elles se remplissent d'eau qui y demeure ordinairement à l'état liquide et se congèle lorsque la température se refroidit suffisamment en hiver.

On a remarqué que généralement les crevasses les plus nombreuses sont *perpendiculaires* à l'axe des glaciers ou dans le sens de leur largeur, et que celles qui partent de leurs rives *convergent* vers l'amont.

Lorsque l'on considère une coupe longitudinale d'une portion d'un

glacier (*Pl. 3, fig. 10*), dont la marche a lieu suivant la direction de la flèche *f f* sur un plan plus ou moins incliné et régulier *x y*, on comprend que dans une masse de glace grenue, dont les grains sont tous séparés les uns des autres par des fissures capillaires, si la portion *a b* s'avance entre les points *c* et *d*, il se produira nécessairement une solution de continuité en *a*; et que le mouvement n'étant pas limité à la section *a b*, mais se produisant aussi et en même temps à l'amont, la masse entière se divisera en un certain nombre de tranches séparées par des fissures.

Si le mouvement avait lieu uniquement dans le sens de la longueur, le mouvement de chaque tranche pourrait être comparé à la chute qu'elles feraient successivement en arrivant au sommet d'un escarpement plus ou moins élevé; dans ce cas encore les plans de séparation des tranches seraient marqués par des fentes à parois sensiblement verticales et dirigées d'une rive à l'autre, *perpendiculairement* à l'axe de la chute, ou obliquement si la marche se trouvait sensiblement plus accélérée d'un côté que de l'autre, par suite de circonstances locales.

Et si la glace, en s'avançant de l'amont à l'aval, éprouve en même temps, du fond vers la surface, un mouvement de haussement, ce mouvement s'opérera nécessairement en raison de la puissance de la glace, soit suivant une ligne droite parallèle à la surface, soit suivant une ligne courbe plus ou moins prononcée, quand l'épaisseur du glacier sera uniforme ou lorsqu'elle sera variable et plus grande sur un point que sur un autre (*Pl. 6, fig. 1*).

La surface ainsi relevée s'étend nécessairement en longueur et en largeur, et comme la glace ne peut se prêter à ce mouvement de dilatation sans se rompre ou sans un nouvel écartement des fissures qui existent déjà dans sa masse, il s'ensuit que les crevasses doivent avoir une plus grande largeur supérieurement et se rétrécir de plus en plus à mesure qu'elles descendent plus profondément, et c'est ce qui a lieu (*Pl. 6, fig. 2*).

Ces observations sur les crevasses transversales et sur la direction de leurs plans de séparation suffiront pour nous faire comprendre le régime des crevasses longitudinales qui tendent, comme les premières, à s'ouvrir perpendiculairement au mouvement d'expansion latérale.

Si, à partir de l'axe longitudinal d'un glacier, le mouvement vers ses rives s'opérait uniformément, les crevasses longitudinales s'ouvriraient parallèlement à cet axe.

Mais le milieu d'un glacier, à part quelques oscillations déterminées par des circonstances locales, suivant généralement une direction invariable d'amont en aval, et n'étant généralement aussi soumis qu'au relèvement vertical, la dilatation latérale se produit de cet axe vers ses rives; et comme l'expansion vers les bords devient d'autant plus sensible qu'on s'écarte de la région des nevés, où la glace est mise à l'abri des influences atmosphériques, il doit en résulter des déviations de plus en plus considérables dans les fissures, qui finissent par former un réseau de crevasses rayonnant du centre vers les rives, à droite et à gauche de l'axe (*Pl. 6, fig. 4*). Le rayonnement du calorique aux pieds des montagnes, contre les parois des rochers ou les moraines, détermine une ablation, et par conséquent une fonte plus considérable sur les bords; et comme la dilatation y est sensiblement plus considérable, on doit encore en conclure qu'elle se produit en raison de l'alimentation, c'est-à-dire de la quantité d'eau pénétrant dans la glace.

Glaciers remaniés (régénérés).

Dans les cônes de glace ou glaciers remaniés, cette double disposition des fissures transversales à l'axe du mouvement principal, et rayonnant à droite et à gauche, à partir des sommets vers les bases circulaires des cônes, s'observe et s'explique parfaitement (*Pl. 6, fig. 17*), et on y trouve, sur une petite échelle, la preuve irrécusable de la dilatation déterminant les mouvements de la glace et les ruptures ou crevasses qui révèlent les diverses directions suivant lesquelles ces mouvements se produisent.

On ne voit pas d'exemples de crevasses se prolongeant dans toute la longueur, ni dans la largeur entière d'un glacier, et l'absence de ces fractures complètes est encore une conséquence des variations de la dilatation, qui ne s'exerce pas également et uniformément sur toutes les portions d'une même masse de glace; mais son action se faisant sentir plus ou moins fortement sur un point que sur un autre, la glace se divise en diverses tranches animées chacune d'un mouvement différent, qui a pour effet de localiser les fissures et de réduire ou limiter leur étendue.

Les plans de ruptures prennent divers degrés d'inclinaison par suite de l'avancement et des chutes sur les plans inclinés ou sur les terrains accidentés; leur direction se modifie en même temps en raison de ces mêmes mouvements, et de nouvelles fissures se produisant journellement et se croisant avec les anciennes, finalement les glaciers se trouvent divisés, découpés en une infinité de blocs polyédriques

qui, groupés et réunis entre les fractures principales, ont souvent l'aspect de couches, soit superposées, soit juxtaposées, inclinées ou verticales.

Le clivage apparent et incontestable de la glace est, pour quelques auteurs, l'indice et la preuve de la stratification des glaciers, de la conversion des nevés en glace et de l'addition successive de leurs couches transformées à la surface des glaciers.

En effet, si l'on considère d'un point convenablement élevé et choisi la surface de la région supérieure d'un glacier, on voit distinctement la stratification de la neige et du nevé, et, sur la surface découverte de la glace, des lignes qui semblent au premier abord indiquer les affleurements et la continuité des couches de cette glace au-delà des limites du nevé, ainsi que le représente la *fig. 13, pl. 6*, complétée par une coupe longitudinale (*fig. 5*); en prolongeant ensuite cette coupe jusqu'à la pente terminale et en donnant aux *couches* l'inclinaison des parois des fissures, on arriverait à indiquer une série non interrompue de strates et à obtenir un exemple incontestable d'un glacier régulièrement stratifié.

Nevés qui couvrent temporairement les glaciers.

II. 15. Mais on n'a pas oublié, et je crois l'avoir démontré, que la neige qui recouvre entièrement les glaciers à une certaine époque de l'année disparaît entièrement aussi pendant l'été jusqu'à une limite variable (environ 2600^{m}); qu'au-delà de cette limite elle peut persister *temporairement* et se convertir en nevé; que les nevés entraînés par les glaciers disparaissent graduellement à mesure qu'ils sont parvenus dans la région inférieure; enfin que des observations directes ont démontré que les nevés formaient en quelque sorte une masse indépendante, destinée uniquement à assurer la source principale d'alimentation, mais que *nulle part on ne voyait les couches de nevés se convertir en glace et s'ajouter définitivement aux glaciers qu'ils protègent*; si donc il en est ainsi, leur division par couches, leur stratification ne sauraient être ni la preuve, ni la cause de la stratification des glaciers : il faudrait les rechercher ailleurs.

Les nevés ne se convertissent pas en glace pour s'ajouter aux glaciers dans leur partie supérieure.

Mais si, au lieu d'examiner de loin l'ensemble que représente la *fig. 13*, on veut entrer dans quelques détails et se livrer à un examen moins superficiel, on s'aperçoit bientôt que les relations qu'indique cette figure ne sont qu'apparentes, et qu'il y a *séparation et discordance complète entre le nevé et la glace.*

Et en effet, sous les courbes dessinées par les affleurements et marquant les tranches, les couches successives du nevé, on voit dans la

glace des fentes récentes, rectilignes, perpendiculaires à l'axe du glacier (*fig. 7 et 10*), et ces fentes même très-largement ouvertes dans cette région ; puis des fentes plus anciennes, déjà resserrées par suite des mouvements de la masse, cessant d'être rectilignes, mais affectant des courbes plus ou moins prononcées, et qui, loin de marquer les affleurements des couches nouvelles et superficielles de la glace, indiquent les plissements de tranches verticales qui ont marché avec la masse de glace dans laquelle elles ont été déterminées, en prenant un bombement d'autant plus prononcé que le mouvement était moins uniforme au centre ou sur les côtés ; et enfin les courbes coupées sous différents angles par des fissures plus récentes et droites.

Sur une coupe en travers du glacier considéré on ne pourrait marquer la division des couches, comme elle est indiquée dans la *fig. 8*, puisque nulle part on ne voit dans les Alpes d'exemples de cette stratification régulière. Cependant, comme il fallait rendre compte des relations des couches nouvelles, surtout quand elles n'ont pas une largeur égale à celle du glacier, on a imaginé un *plissement transversal* comme dans la *fig. 12*.

Si cette figure était la reproduction exacte d'une coupe quelconque observée et du mode habituel d'alimentation des glaciers, n'éprouverait-on pas quelques difficultés à rendre compte des causes non-seulement de leur conservation, mais encore de leurs progrès récents et actuels ?

En effet, comment ne pas s'apercevoir que les couches vont en diminuant de bas en haut, et que la couche supérieure est tellement réduite qu'elle ne saurait compenser les pertes totales causées par l'ablation de la surface entière d'un glacier qui, dans ce cas, serait revenu à une période de décroissement; enfin que, recevant moins aujourd'hui qu'autrefois, à l'époque où les couches inférieures se sont formées, il devrait non-seulement cesser de progresser, mais diminuer; et que si la coupe (*fig. 12*) était celle de l'une des branches du glacier de l'Aar, par exemple, on comprendrait encore moins que ce glacier, qui a fait depuis bien des années de si notables progrès, puisse se développer et s'avancer progressivement au moment même où, faute d'une alimentation suffisante, il devrait forcément diminuer.

Les apparences d'affleurements dont je viens de parler (*fig. 6*), semblent avoir été choisies préférablement par les partisans de la stratification des glaciers, parce qu'on y peut voir jusqu'à plus ample examen les indices des tranches de couches successivement ajoutées sous les accumulations de neige et de nevé. Mais ces affleurements

circulaires ne sont ni plus nombreux ni plus visibles que les tranches longitudinales, souvent très-nombreuses et accusées par des teintes rubanées dont il sera bientôt question. Sur la rive gauche du glacier de l'Unter-Aar, par exemple, la glace est divisée en bandes parallèles et conservées en lignes droites sur des espaces considérables, ou en une infinité de couches ou de subdivisions de couches verticales parallèles au plan passant par l'axe du glacier et donnant au glacier l'aspect d'une masse stratifiée, dont les strates seraient redressées suivant la direction de la vallée.

On aurait donc à choisir entre deux systèmes de couches, et on éprouverait peut-être quelque difficulté à donner la préférence à l'un des deux, à moins qu'on ne trouve moyen d'expliquer par quelle suite de phénomènes les couches de neige et de nevé répandues à la surface du glacier, après s'être transformées en glace, se sont relevées de manière à nous présenter aujourd'hui leurs tranches ou leurs affleurements marchant à la fois parallèlement et transversalement à l'axe du glacier (*fig. 10*).

Glaciers remaniés.

H. 16. Les glaciers remaniés, les cônes de glace que l'on rencontre aux pieds des escarpements que dominent des glaciers élevés, formés à la suite d'avalanches et à chaque instant recouverts de nouvelles nappes composées d'un mélange de glace réduite à l'état de poussière, de blocs plus ou moins volumineux, de nevé et de neige, offrent la même structure des crevasses longitudinales et transversales, le même clivage enfin.[1]

Les cônes n'ayant plus aucune relation avec les amas supérieurs et stratifiés de neige et de nevé, leur division par couches superposées en apparence ne peut plus être citée comme une preuve de la transformation de nevé en glace et des additions successives de ces couches.

En examinant à distance un de ces cônes et à l'aspect des fentes contournées qu'on observe à sa surface, et si l'on en rapportait une figure incomplète, on pourrait obtenir l'apparence d'un exemple d'un cône composé de couches superposées et par conséquent stratifiées (*fig. 6, pl. 7, et pl. 6, fig. 17*). On pourrait peut-être aussi admettre que les couches supérieures sont les plus récentes et que l'alimentation se fait par l'addition successive de ces couches, probablement insuffisantes pour compenser les pertes résultant de l'ablation, puisque leur puissance diminue graduellement à mesure qu'elles s'approchent du

DA. [1] Le glacier remanié (régénéré) du Schwartzwald, à la base du Wetterhorn.

sommet du cône, où elles ne se trouvent plus qu'à l'état rudimentaire. Mais, en y regardant de plus près, on ne tarde pas à s'apercevoir et à constater que ces lignes marquant de loin les affleurements de couches superposées et peu inclinées, sortes de tranches de niveau parallèles à la base du cône, sont les affleurements de fissures transversales sensiblement normales à la ligne de plus grande pente et perpendiculaires à l'axe du mouvement : et que le mouvement se faisant du sommet vers les divers points de la base, ces fissures sont courbes et déterminent des tranches concentriques. De plus, on voit un système de crevasses longitudinales rayonnant du sommet du cône vers les différents points de cette base, déterminées par les dilatations latérales (*fig. 17 et 18*), et complétant la division du cône, son clivage par onglets, division résultant évidemment des mouvements de dilatation qui se produisent dans sa masse.

Si la division de la glace par couches était la conséquence de la stratification des nevés, on devrait observer, entre les couches de glace et celles de ces nevés, un parallélisme plus ou moins complet, une succession non interrompue, surtout dans les cirques élevés et sur tous les points où il ne s'est pas encore produit de dérangements notables par suite des mouvements de progression. Mais, nous l'avons vu, ces relations quelquefois apparentes ne se voient réellement nulle part, et dans les glaciers remaniés encore moins que dans tous les autres.

En effet, supposons au pied d'un talus un petit glacier remanié en voie de formation, un cône rudimentaire produit par un premier éboulement (*fig. 1, pl. 7*).

Les éboulements qui se produiront successivement ensuite fourniront pour son accroissement des couches successives *a*, *b*, *c*, *d*, de débris pulvérulents, de menus morceaux ou de blocs de glace, et ces couches auront vers la base une épaisseur d'autant plus grande que le nombre des gros blocs sera plus considérable et que l'inclinaison du cône sera plus forte. L'ablation étant plus active et favorisée par les dispositions des terrains voisins, la pente pourrait se modifier et se régler de x en x', par exemple (*fig. 2*), suivant une nouvelle ligne coupant transversalement les couches et en laissant apercevoir les tranches ; dans cette hypothèse, et si l'on négligeait de noter les fissures longitudinales, le cône paraîtrait un amas stratifié.

Mais la section (*fig. 5*) ferait voir le cône de glace composant en quelque sorte le noyau de l'amas enveloppé de revêtements successifs, courbés et inclinés parallèlement à sa surface, offrant entre eux et les

joints de séparation, considérés comme les plans des strates de la glace, une discordance complète.

La division, le clivage de ces cônes, n'est donc pas la conséquence d'un mode d'alimentation par addition de couches successives ajoutées à leurs surfaces ou à leurs sommets; elle a évidemment une toute autre cause, celle qui, produisant en divers sens des mouvements d'expansion, détermine des ruptures et imprime à tous les glaciers cette structure compliquée que l'on a, bien à tort, considérée comme la preuve de la transformation des nevés et de leur addition incessante sous la forme de nombreuses couches de glace, dont les joints de séparation seraient d'ailleurs et inévitablement en désaccord avec ceux des couches apparentes de ces cônes.

En effet, ces cônes sont formés et entretenus par des glaces qui glissent sur des plans inclinés ou tombent aux pieds d'escarpements successifs jusqu'aux points où un repos du sol, le fond d'une vallée, un plateau leur ont permis de s'arrêter, et où généralement les glaces ne parviennent que divisées en menus morceaux, et souvent même entièrement réduites en une sorte de poussière.

Les menus morceaux et les blocs suivent, à partir des sommets des cônes, la ligne de plus grande pente et forment des bourrelets plus ou moins renflés à leurs bases; tandis que la neige, le nevé ou la poussière de glace se divisent, s'étalent plus facilement, attendu qu'elles acquièrent une vitesse moins considérable et peuvent les recouvrir en totalité ou en partie; et il en résulte une inégale distribution des éléments essentiels de leur alimentation.

Au glacier du Schwartzwald (à la Grande-Scheideck), lorsque la glace commence à se montrer à nu, on voit un très-bel exemple de ces coulées successives, formant sur la partie supérieure et moyenne du grand cône des nappes à dentelures nombreuses, et dont les bandes irrégulièrement et profondément découpées sont bien loin d'offrir des recouvrements à retraites parallèles; et, comme on aperçoit en même temps les couches de ces coulées et les divisions de la glace (*fig. 6*), leur séparation est évidente; on voit que l'inclinaison des premières suit des lignes de pentes du cône dont elles enveloppent la surface courbe, tandis que les fissures de la glace sont sensiblement normales à cette surface. Enfin que, si la structure de la glace doit être considérée comme un indice de superposition de couches *successives stratifiées*, la stratification offre une disposition inverse de celle qu'elle aurait dû prendre en raison du mode d'alimentation et de la

pente suivant laquelle les couches alimentaires se succèdent invariablement. Et s'il existe une discordance complète entre les fissures, que faute d'un examen sérieux on peut de loin prendre pour des courbes indiquant les joints de séparation de couches superposées et la pente des coulées, la séparation ne paraît pas moins évidente lorsque l'on considère les fissures longitudinales pénétrant la masse entière des cônes de glace et rayonnant de leurs sommets vers leurs bases (*fig. 3*). Aussi, en présence des faits et d'après les observations qui précèdent, le doute ne paraît-il plus possible et la cause réelle du clivage des glaciers, de leur apparente stratification ne saurait être douteuse : ils ne peuvent s'étendre ou se relever sans que des fissures se manifestent dans leurs masses, et ces fissures marquant les plans de glissement ou d'écartement perpendiculaires aux directions suivant lesquelles le mouvement se produit, sont transversales ou longitudinales (*Pl. 7, fig. 4*).

La dilatation de bas en haut doit aussi déterminer d'autres *fractures parallèles* aux plans inférieurs recouverts ou diversement inclinés en raison des obstacles, des épaisseurs plus ou moins considérables, et dans la suite nous aurons occasion de constater l'existence de cet ordre de fractures, qu'on observe moins facilement à la vérité et qu'on pourrait bien citer comme des preuves de la conversion des couches de nevé en glace, si l'on négligeait, en faveur de cette hypothèse, de les observer attentivement, d'étudier leurs allures et leurs relations avec les divers plans de séparation dont il a été question jusqu'ici, et de rechercher les causes qui peuvent temporairement ou habituellement en déterminer la formation.

Et ces causes sont évidemment les dilatations qui s'exercent simultanément de la base vers la surface et de l'amont à l'aval, mais n'agissent pas avec une égale intensité sur toutes les tranches de la glace, à moins que les divisions dont il est question ne soient des traces encore reconnaissables de la stratification des nevés et de couches de glace successivement formées et superposées les unes aux autres.

Mais cette succession supposée par quelques auteurs dans les hautes régions des glaciers est inadmissible, comme on vient de le voir, les glaciers remaniés offrant aussi bien que les autres ces sortes de couches horizontales ou peu inclinées qui complètent leur clivage ; si elles sont visibles aux glaciers de l'Aar, elles ne le sont pas moins au massif inférieur du glacier du Rhône, immense cône aplati, séparé

de la région supérieure par un escarpement de près de 1000 mètres de hauteur que la glace doit franchir avant d'atteindre le fond de la vallée (*Pl. 7, fig. 7*).

Sur cette pente escarpée, on ne remarque pas, à la vérité, de complètes solutions de continuité entre les tranches de glace qui, séparées d'une rive à l'autre, glissent et forment d'immenses gradins irréguliers et découpés longitudinalement; mais le cône terminal est entièrement formé de débris qui se rapprochent aussitôt que la pente du terrain inférieur le permet, comprimés entre ce cône terminal et la nappe d'éboulement; et il constitue une section distincte, une nouvelle masse de glace dans laquelle la distribution première de ces éléments remaniés ne saurait plus exister; enfin, en raison même de la disposition du sol recouvert, l'alimentation ayant lieu plus spécialement par addition de glaces divisées par tranches glissant sur un plan très-rapproché de la verticale, le cône terminal est naturellement divisé à son origine par des fissures sensiblement verticales et parallèles à l'axe du glacier, ou le coupant transversalement à angle droit, et dans la distribution desquelles on n'aperçoit plus, même à l'état rudimentaire, ces larges tranches ayant l'apparence de couches que l'on voit distinctement à la pente terminale.

Eau à la surface des glaciers.

H. 17. Les crevasses, les fissures diverses qui divisent les masses de glaces en tranches, en blocs polyédriques, sont, comme je l'ai dit plus haut, plus ou moins largement ouvertes, plus ou moins nombreuses, distancées ou rapprochées (*Pl. 7, fig. 8*). Les dilatations et les mouvements, causes de leur incessante production, tendent à déterminer à chaque instant de nouvelles fractures, et en même temps à rapprocher les parois des crevasses que nous apercevons à un moment donné, et qui plus tard auront disparu ou paraîtront presque complétement fermées.

Elles forment des conduits au moyen desquels l'eau pénètre plus facilement et plus abondamment dans les diverses parties des glaciers; lorsqu'elles sont ouvertes inférieurement ou en communication avec d'autres canaux, l'eau ne saurait s'y arrêter, et elle ne fait qu'en corroder les parois, tandis qu'elle les remplit quand elles sont fermées par le bas, y demeure plus ou moins longtemps à l'état liquide et finit par se congeler (*Pl. 7, fig. 9*).

Lorsque le soleil atteint ces petits réservoirs, l'eau s'échauffant graduellement fait fondre la glace et tend à élargir l'ouverture de la crevasse, dont les bords s'inclinent de plus en plus (*Fig. 10, 11 et 13*).

Cette action, résultant de l'élévation de la température sous l'influence solaire, se fait principalement sentir près de la surface et va en diminuant rapidement à une très-faible profondeur, au-dessous de laquelle l'eau, dont la conductibilité est extrêmement faible, conserve une température à peu près uniforme, qui ne peut s'élever ou se modifier au contact de la glace, faute de courants ascendants et descendants, ces courants, nécessaires pour opérer le mélange et augmenter la température de toutes les couches ne se produisant que dans les liquides chauffés par leurs parties inférieures.

Généralement, quand ces réservoirs viennent à se vider, ils offrent des espèces d'entonnoirs à section elliptique et ayant leur plus grand diamètre dans le sens de la crevasse qu'ils occupaient (*fig. 12*).

Si la température s'abaisse suffisamment, l'eau contenue dans les crevasses se congèle et se convertit en une petite masse ayant la forme d'un coin ou d'un filon de glace compacte semblable à celle des lacs et des rivières et ne jouissant d'aucune des propriétés de la glace des glaciers, dont elle reste toujours séparée et parfaitement distincte.

Comme elle est imperméable, elle ne saurait se dilater par la congélation d'une quantité quelconque de liquide, puisqu'elle n'a pas la propriété d'en absorber; cependant, pressée latéralement entre les masses de glaces que la crevasse divisait, elle se brise et se fendille; elle est bientôt réduite en morceaux anguleux ou même entièrement broyée, et elle perd sa transparence.

A cet état, elle se distingue parfaitement de la glace grenue pénétrée d'eau qui filtre entre les grains et en conserve la transparence, et dont elle n'a pas et ne saurait prendre les caractères et les propriétés.

Quelles que soient les circonstances qui en puissent favoriser la transformation en glace grenue, cette transformation ne s'opère jamais d'une manière réelle ou complète. Si les fentes sont larges, si la crevasse laisse inférieurement filtrer les eaux, l'écoulement se fait avec trop de rapidité, et l'eau ne séjournant pas dans ses fissures régulières, rectilignes, si différentes des fissures contournées, des joints de séparation des grains de la glace du glacier, elle se désagrège et tend à disparaître.

Si l'eau retenue inférieurement la pénètre, elle tendra, soit à dissoudre les fragments si sa température est assez élevée, ou à les réunir si elle se congèle; dans ce dernier cas, un nouveau filon de glace compacte se formera et subira ensuite les mêmes phases que le premier.

Ces petits filons accidentels sont d'ailleurs trop peu importants pour avoir une influence quelconque sur le régime des glaciers; et, en effet, ils ont une profondeur de 1 à 3 mètres au moment de la congélation; ils disparaissent pendant l'été et avant le retour de l'hiver par l'ablation, et si les crevasses sont profondément remplies, l'eau, au-dessous d'une certaine limite, se conserve à l'état liquide et la glace d'eau ne les ferme que supérieurement sur une faible épaisseur, en formant des ponts qui ne sauraient longtemps résister.

Lorsque l'eau retenue dans les crevasses se congèle, il se forme d'abord contre les parois une couche de glace compacte; puis, la congélation continuant, de nouvelles couches ayant sensiblement la même épaisseur s'ajoutent successivement, et, quelle que soit la forme du bassin, forment des bandes concentriques dont l'épaisseur atteint quelquefois de 4 à 5 centimètres (*Pl. 5, fig. 1, 2, 3 et 4*).

Ces zones se décomposent en fragments rugueux, sorte de cristaux imparfaits, rayonnant du pourtour vers le centre, si le bassin est circulaire; si au contraire il est allongé ou elliptique, le rayonnement semble se rattacher à l'axe longitudinal ou à une petite ellipse centrale parallèle à la section de la cavité (*fig. 3ª et 3ᵇ*) : structure et dispositions qui permettent toujours de reconnaître et de distinguer ces agglomérations auxquelles on a donné les noms d'*Étoiles* ou de *Roses des glaciers*.....

Étoiles ou Roses des glaciers.

Dans la glace d'eau on remarque, en outre, une disposition que n'offre la glace grenue des glaciers dans aucune de ses parties; ce sont des faisceaux de tubes capillaires allongés, parallèles, quelquefois tortueux et dirigés dans le même sens; ces tubes ont aussi quelques renflements imitant des bulles; enfin l'on aperçoit assez fréquemment des bulles distinctes et séparées (*Pl. 5, fig. 4, 5 et 6*).

L'épaisseur de la glace augmentant, comme je l'ai dit, du pourtour de la cavité vers l'intérieur, ces tubes capillaires s'allongent en même temps et dans le même sens. Ils paraissent dus à un dégagement, soit des bulles de l'air qui ne s'est pas dissous, projetées, et qui, emprisonnées dans la glace, sont poussées en avant, à mesure que la congélation se complète, vers les parties où elle commence à peine à se manifester et où nécessairement la résistance est moins grande, soit à l'air d'abord dissous et qui se dégage à mesure que la température s'élève et pénètre les glaçons; alors on voit s'échapper, par une multitude d'interstices ou de tubes capillaires, toutes les portions d'air

que la température ne lui permet plus de retenir, et ces tubes ou stries, que détermine la fuite de l'air, sont d'autant plus visibles que la glace se trouve plongée dans l'eau; et les cavités en forme de calotte ou de bulle allongée qui les terminent tous invariablement, et dont le renflement est dirigé extérieurement dans le prolongement de leur axe, semblent indiquer clairement et leur origine et le sens de leur développement.

Enfin les tubes sont en ligne droite ou contournés, entiers ou interrompus et divisés par un certain nombre de cloisons, suivant que la bulle d'air, dans son trajet, arrive sans dérangement à la distance qu'elle pouvait atteindre, eu égard à la section de sa base, qu'elle y est parvenue sans intermittences, ou qu'elle est forcée de dévier; tandis qu'elle reste isolée si elle est enveloppée et arrêtée tout-à-coup.

Les glaçons qui se forment par suintement sur les parois des crevasses ont la même structure, et ils se divisent en fragments disposés concentriquement et par couches; mais, en raison du mode même de leur formation, on conçoit que ces couches ou enveloppes successives s'ajoutent extérieurement et que les plus récentes doivent être celles de l'extérieur, tandis que l'accroissement des roses a lieu en sens inverse de la circonférence vers le centre.

H. 18. On rencontre souvent de l'eau dans des cavités elliptiques ou circulaires résultant d'érosions déterminées par des amas de graviers ou de menus matériaux déposés dans quelques plis par les eaux coulant à la surface des glaciers. Ces graviers s'échauffant[1], même à une certaine profondeur, à travers l'eau qui les recouvre, font fondre la glace à leur contact et déterminent la formation de trous qui s'approfondissent graduellement (*Pl. 5, fig. 12 à 16*). Baignoires. — Trous méridiens.

Ces trous semblent se rétrécir vers le fond; mais il est plus exact de dire qu'ils s'élargissent supérieurement, puisque réellement leurs orifices s'agrandissent au contact de l'eau échauffée à sa surface.

Et, en effet, cette disposition en forme de cônes renversés résulte de l'action de la chaleur communiquée en même temps aux graviers et à la surface de l'eau corrodant la glace suivant, des talus inclinés

DA. [1] Ces graviers s'échauffent par les rayons solaires, même à une certaine profondeur, et cependant ils sont en contact avec la glace et dans l'eau à zéro. — Voyez *Glaciers en activité*, paragraphes DA.

en raison de la diminution graduelle de la température de l'eau de sa surface vers le fond, ainsi que nous l'avons vu plus haut.

Ces réservoirs d'eau ont reçu diverses dénominations : les montagnards les appellent des *gouilles;* **M. Agassiz** les a décrits sous les noms de *baignoires* lorsqu'ils ont une certaine étendue, ou de *trous méridiens* quand ils ont une formo semi-circulaire, leur arc tourné vers le nord et la corde de cet arc au sud, dirigée de l'est à l'ouest, un renflement de glace sur leur bord méridional et une plus grande profondeur au nord.

M. Keller, frappé de la forme constante de ces cavités, a cherché le premier à en expliquer l'origine : «Lorsque des parcelles de gravier «s'accumulent *derrière un renflement de la surface du glacier,* dit-il, «elles s'échauffent [1] et s'enfoncent peu à peu dans la glace et y occa- «sionnent un petit bassin. Or, comme le gravier absorbe beaucoup «plus de chaleur que la glace, il en résulte que ce sera du côté où les «rayons solaires agiront le plus longtemps et avec le plus d'intensité «que le bassin devra s'élargir et le gravier s'enfoncer le plus profon- «dément, et ce côté ne peut être que le côté septentrional; et voilà «pourquoi tous ces bassins ont leur convexité tournée vers le «Nord.[2]»

On voit, d'après ce qui précède, que ces cavités particulières résultent d'accumulations de parcelles de graviers derrière un *pli* ou *renflement* de la surface de la glace, et que cette relation est une condition essentielle de leur formation. En effet, les accumulations de débris graveleux déterminent des cavités circulaires ou elliptiques, et toujours à contours arrondis, sur des surfaces planes et dépourvues de rides, aussi bien qu'aux pieds des talus des plis exposés à l'aspect du Midi. Pour qu'un trou s'élargisse plus d'un côté que de l'autre, il faut que l'ombre portée par un obstacle empêche une partie du dépôt graveleux de s'échauffer; que cet obstacle soit une saillie de la glace ou une dalle de rocher, il empêchera l'action des rayons solaires pendant un temps plus ou moins long, suivant son orientation et la hauteur diurne du soleil, et la courbe sera évidemment tournée dans la direction du Nord; mais la corde de l'arc parallèle à la crête de l'obstacle, quoique tournée du côté opposé, c'est-à-dire au Sud, ne

H. [1] **Desor,** *Excursions*, p. 489; et **Agassiz,** *Système glaciaire*, p. 101.

DA. [2] Les parcelles de roches gneissiques, schisteuses noires, s'échauffent infiniment plus que les parcelles granitiques ou quartzeuses.

sera pas invariablement menée de l'Est à l'Ouest, de manière à permettre la détermination exacte du Nord et du Sud par une ligne menée du sommet de cet arc perpendiculairement sur la crête de l'obstacle. Aussi ces cavités ne sont-elles réellement des *trous méridiens* que dans le cas où elles se forment sous des plis accidentellement dirigés de l'Est à l'Ouest ; j'ai eu souvent occasion de m'en assurer au glacier de l'Aar, à la surface duquel on rencontre une très-grande quantité de ces cavités semi-circulaires, dont les cordes prennent différents degrés d'inclinaison sur le méridien, et de reconnaître, la boussole à la main, que les perpendiculaires menées des cordes aux sommets des arcs s'écartent soit à droite, soit à gauche de la véritable ligne du Nord (*Pl. 5, fig. 15 et 16*).

Ruisseaux à la surface des glaciers.

H. 19. Lorsque l'eau provenant de la fonte de la neige n'est pas absorbée en totalité par les glaciers, elle imbibe les couches inférieures des nevés et, entraînée par la pente, elle finit par s'écouler à la surface de la glace en un grand nombre de petits filets qui se réunissent et donnent alors naissance à des ruisseaux plus ou moins volumineux.

Karren, sillons à la surface des glaciers.

H. 20. Ces eaux usent et corrodent la glace et y creusent des *Karren*, des *sillons sinueux* souvent profonds, dans les lits desquels sont entraînés des menus débris de rochers, des graviers et des galets qui roulent en s'entrechoquant et finissent par s'user, s'arrondir et prendre les formes propres aux galets façonnés par les cours d'eau (*Pl. 5, fig. 17ª*) ; à la suite des fontes extraordinaires [1], ces ruisseaux prennent quelquefois les proportions de véritables *torrents*.

On les remarque principalement sur les parties des glaciers dépourvues de fentes, et il suffit qu'une crevasse s'ouvre et vienne croiser leurs lits pour en interrompre le cours.

Puits ou moulins.

H. 21. L'eau en tombant dans une fracture en corrode les bords et arrondit la paroi sur laquelle elle coule ; lorsque plus tard cette fracture se referme, le sillon semi-circulaire formé d'un côté se conserve (*fig. 17ᵇ*), et, en même temps, si l'ouverture est insuffisante pour débiter la totalité de l'eau, la paroi opposée se corrode à son tour, et la cavité dans laquelle les eaux continuent à s'engouffrer devient un trou cylindrique ou aplati à section circulaire ou elliptique (*fig. 17ᶜ et 17ᵈ*). Ces trous, désignés sous les noms de *puits* ou de *moulins*,

[1] C'est surtout au printemps, à la fonte des neiges, alors que le glacier est encore gelé à la partie supérieure et que les fissures capillaires ne sont point ouvertes, que l'eau coule à la surface sous un volume souvent très-considérable.

s'enfoncent verticalement comme les parois des crevasses qui leur ont donné naissance et finissent par s'incliner comme elles; leur diamètre est sensiblement uniforme, mais dans certains cas il offre des variations produites par les érosions de l'eau renvoyée d'une paroi contre l'autre et des matériaux qu'elle charrie et entraîne dans ces gouffres ordinairement très-profonds.

Quand une nouvelle crevasse vient à s'ouvrir à l'amont d'un de ces puits, le ruisseau trouvant une nouvelle voie d'écoulement, le puits se trouve à sec et persiste jusqu'à ce que ses parois se soient rapprochées par le mouvement continuel de dilatation, qui cesse d'être neutralisé par le passage et l'action érosive de l'eau; souvent aussi des pierres d'un trop fort calibre tombent dans ces trous, s'arrêtent à une certaine profondeur, retiennent les menus graviers et forment des barrages qui s'opposent à l'écoulement. Aussi voit-on des puits et des moulins, soit en activité, soit sans eau et entièrement vides ou remplis jusqu'à leurs bords.

Bandes bleues. H. 22. La glace des glaciers affecte souvent une *structure rubanée*, et offre sur les parois des crevasses des séries de bandes verticales d'une glace plus compacte, plus transparente et d'une *teinte azurée*, plus vive et plus foncée que celle des masses de glace que ces bandes semblent pénétrer et diviser par tranches parallèles.

Cette division et ce parallélisme sont pour quelques auteurs des indices certains de l'origine et de la stratification de la glace; et on a cru reconnaître que ces bandes, en grande partie du moins, représentaient les plans des couches de nevés converties en glace et successivement ajoutées; enfin qu'elles correspondaient aux affleurements de ces couches, toujours visibles dans la région des nevés ou apparents à la surface même de tous les glaciers.[1]

Cependant, sur certains points, ces bandes sont tellement nombreuses et rapprochées qu'on en peut compter cinq, six et même dix dans un décimètre. Aussi a-t-on compris qu'il n'était pas possible de voir dans chacune d'elles l'indication d'une couche séparée; leurs dimensions sont aussi très-variables: les unes ont à peine 1 millimètre de largeur; d'autres ont de 10 à 15, à 20 centimètres et au-delà; enfin leur intensité est loin d'être uniforme, et on remarque souvent une bande d'un bleu pâle traversée par une bande étroite d'un bleu très-foncé.

Si ces bandes étaient bien réellement des plans de séparation des

DA. [1] Ces couches de nevés convertis en glace ne sont plus admises par aucun glacialiste.

couches plus ou moins épaisses, plus ou moins nombreuses de la glace dans le voisinage des nevés, elles devraient être parallèles ou sensiblement parallèles aux couches de ces nevés auxquelles les assises de glace succèderaient à stratification concordante. Mais les bandes sont généralement verticales et parallèles aux parois des fissures et des crevasses, et elles ne s'inclinent qu'accidentellement lorsque la glace éprouve soit en avant, soit de côté, un mouvement de déversement; enfin entre elles et les couches des nevés il y a une discordance évidente (*Pl. 8, fig. 1*).

Outre les difficultés qu'on éprouverait à expliquer les causes d'un redressement vertical et subit des couches de glace à mesure qu'elles se forment et cette discordance qui prouve l'impossibilité d'admettre dans les glaciers une succession non interrompue et continuelle de couches de nevé converties en glace, on aurait certainement quelque peine à comprendre d'autres anomalies non moins frappantes.

En effet, les bandes bleues forment un réseau irrégulier; elles affectent diverses directions et plongent dans les masses sous différents angles, et ces entrecroisements, ces pénétrations suivant des inclinaisons variées sont des faits qui ne pouvaient passer inaperçus; ils prouvent avec quelle réserve on doit accueillir la théorie du parallélisme constant entre les bandes et les couches ou leurs affleurements, et combien il serait difficile de démontrer comment une couche horizontale ou peu inclinée de nevé, convertie en glace sur la surface entière d'un cirque, peut, immédiatement après sa transformation, se redresser, s'intercaler dans le glacier et y constituer une tranche verticale régulière de quelques centimètres d'épaisseur, et le pénétrer, soit transversalement, soit longitudinalement.

Les bandes transversales considérées isolément affectent à la vérité des courbes qui rappellent au premier aspect les affleurements des couches des nevés; mais ces courbes, loin d'indiquer des tranches successives et en retraite, sont les bords des plans verticaux poussés en avant avec des vitesses inégales. Si leur mouvement de progression était uniforme, ces tranches cheminaient sans se plier et tracées en ligne droite d'une rive à l'autre; mais le mouvement étant plus accéléré au milieu que sur les bords, les bandes, aussi bien que les parois des crevasses, doivent se contourner et affecter des arcs dont les sommets sont tournés vers l'aval.

Ces courbes ne sont pas et ne sauraient être parallèles entre elles,

même pour des bandes originairement parallèles et formées en même temps.

Une série de lignes droites *a a a a a* (*fig. 5, pl. 8*), tracées à l'aide de pieux fixés dans la glace transversalement à l'axe d'un glacier et également distantes l'une de l'autre, ne tardent pas à s'écarter inégalement et à affecter des courbes *c c c c*, d'abord sensiblement concentriques, et des arcs de cercle qui se modifient peu à peu et deviennent ensuite des ellipses et des paraboles très-allongées de plus en plus aigues *d d d d*; lorsque les courbes commencent à se dessiner, si l'on trace de nouvelles droites *c c c* (*fig. 2 et 3*), on a ensuite un nouveau système de courbes *f f f f* (*fig. 4*), croisant les premières *d d d* sous des angles qui varient et dont l'ouverture tend sans cesse à se réduire. Enfin des lignes parallèles à l'axe *g g g g* (*fig. 6*) marchent soit parallèlement à cet axe, soit en s'écartant et en rayonnant vers les bords si le glacier peut se dilater latéralement.

Les crevasses et les bandes affectent absolument les mêmes dispositions; leur réseau compliqué comprend des alignements droits et de courbes diversement entremêlées (*fig. 4 et 5*); aussi dans le cas où l'on parviendrait à démontrer que les glaciers sont composés de couches successives et que les bandes bleues en marquent les joints de séparation, il resterait encore à rechercher le secret des pénétrations et des entrecroisements de ces couches, et la solution de cette dernière question ne serait certainement pas la moins embarrassante.

L'origine des bandes bleues paraissait autrefois un phénomène dont l'explication offrait de nombreuses difficultés; aujourd'hui, et d'après des observations suivies, il semble qu'elles doivent toutes être rapportées à une cause unique, dont les effets sont plus ou moins prononcés et sensibles, suivant les conditions dans lesquelles se trouve la glace soumise à son action.

La glace des bandes bleues ne diffère sous aucun rapport de la glace constituant la masse du glacier[1]; elle n'est ni plus compacte ni plus transparente, et elle offre une structure complétement identique et les mêmes grains irréguliers; et il est évident qu'elle doit sa teinte plus prononcée d'un bleu plus intense à une imbibition plus considérable. Pour s'en assurer, il suffit de détacher un bloc de glace rubanée, de l'exposer à l'air pendant quelques instants et de laisser à l'eau qui

DA. [1] Nos observations autorisent à imprimer, en 1863, en petits caractères ces conclusions de l'ami **Hogard**. De certaines glaces bleues diffèrent sous bien des rapports

remplit tous ses joints le temps de s'écouler en totalité. A mesure que cet écoulement a lieu, les teintes bleues ou azurées de la glace s'affaiblissent graduellement, et elles disparaissent entièrement aussitôt que la totalité de l'eau d'infiltration s'est échappée. Jusqu'à ce que la surface des grains se soit couverte de fissures superficielles et ait perdu sa transparence, le bloc paraît entièrement diaphane, mais on y chercherait en vain les limites de bandes diversement colorées; toutes leurs traces ont disparu, et cependant on peut les conserver à la portion inférieure du bloc si, pendant la durée de l'expérience, on a soin de la maintenir plongée dans l'eau. Dans ce cas, on a supérieurement de la glace diaphane et non colorée, et inférieurement dans la même masse de la glace rubanée comme elle se trouvait au moment où on l'a détachée du glacier.

Mais si la glace des bandes, ainsi que je viens de le dire, ne diffère du surplus de la masse qu'elles pénètrent que par sa teinte plus intense, sa structure grenue prouve en outre qu'elle ne remplit pas des canaux accidentellement creusés par les eaux et dans lesquels elles finissent par se congeler. Les eaux d'ailleurs, en supposant qu'elles puissent, en s'insinuant plus abondamment sur certains points, corroder profondément la glace, n'y produiraient que des érosions irrégulières, ramifiées, et des sillons semblables à ceux que les ruisseaux tracent à la surface des glaciers, et même en coulant sur des plans inclinés ou verticaux; mais, dans aucun cas, des coupures larges ou étroites à faces planes, équidistantes, tracées circulairement ou en lignes droites suivant des séries de parallèles.

Il faut donc admettre que l'eau répartie à la surface de la glace s'y introduit irrégulièrement et qu'elle pénètre plus facilement et avec plus d'abondance dans les fentes ou fissures qui divisent sa masse par tranches ou bandes parallèles.

Un glacier n'étant pas une masse douée d'une plasticité suffisante pour s'allonger ou se dilater sans se fendiller, se divise, comme on l'a vu et comme le prouvent les crevasses, par tranches parallèles ou transversales à son axe; et les crevasses, s'ouvrant et se fermant incessament, ces tranches se subdivisent à l'infini et offrent d'innombrables joints de séparations que font apercevoir les *bandes bleues*, lorsque, par suite de pressions considérables, ils sont tellement rapprochés qu'on cesserait de les apercevoir s'ils n'avaient favorisé l'introduction de l'eau et la coloration de la glace.

Les bandes bleues sont évidemment les joints des crevasses ouvertes

autrefois et fermées aujourd'hui ; elles se conservent parallèlement sur les rives lorsqu'elles sont longitudinales, parce que, tout en subissant le mouvement général de progression, elles s'avancent cependant avec une vitesse décroissante du milieu vers ses rives et glissent en quelque sorte suivant leurs plans de juxtaposition ; tandis qu'elles s'infléchissent et se contournent en raison de cette inégalité de mouvements lorsqu'elles sont établies transversalement.

Il y a lieu de supposer que la formation et la conservation des bandes bleues se rattachent à un phénomène superficiel, et qu'à une certaine profondeur, lorsque la pression devient trop considérable, les joints des tranches sont tellement serrés que l'infiltration ne peut plus se faire aussi également que vers la surface dilatée et fissurée de la glace. Mais, dans aucun cas, ces bandes n'indiquent des séparations de couches successives, de *grandes écailles* ajoutées à la surface des glaciers sous les nevés, couches ou écailles qu'on ne voit se former que dans les petits glaciers temporaires, mais dont on rechercherait inutilement des traces dans les glaciers persistants.

Eismulden, Eisfelder ou Aufeis.

H. 23. On rencontre souvent dans les Alpes et dans les pays de montagnes des accumulations temporaires de *glace d'eau* formées accidentellement, mais dans les mêmes conditions que les vallées de glace de la Sibérie, où l'on trouve des amas de glace d'une nature différente de celle des glaciers proprement dits, et auxquels les Allemands ont donné les noms d'*Eismulden*, d'*Eisfelder* ou d'*Aufeis* (jattes de glace, champs de glace, glaces superposées ou amas de glace).

D'après les observations de **M. de Ditmar**[1*], les *Eismulden* sont produites généralement par la congélation d'eau de sources qui, après être sorties de terre à une température quelquefois supérieure de plusieurs degrés à celle de zéro, venant à couler sur un sol dont la surface est constamment gelée, passent à l'état de glace dont les couches

H. [1] *Journal de l'Institut*, 15 mars 1854 ; *Analyse des travaux de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg.*

DA. [*] Voyez dans nos *Matériaux : Vallées de glaces de la Sibérie*, Mémoire de **M. de Ditmar**, pages 475 à 485. — Des couches d'*Aufeis* partielles se produisent dans certaines saisons et dans certaines circonstances atmosphériques à toutes les altitudes dans les Alpes, sur la roche ou sur les glaciers. — Dans les plaines de la civilisation, en hiver, cet *Aufeis* se produit fort souvent sur le sol. — Il me souvient (il y a cinquante ans et plus depuis cette époque), qu'à Aarau (Suisse), où j'étais au collège, j'avais imaginé de faire une coupure dans les talus d'un ruisseau et d'inonder des surfaces de prés en pentes dans des moments de grands froids : une surface d'*Aufeis* se formait et nous permettait de nous livrer à l'exercice des patins.

augmentent par le fait de la congélation successive, en se superposant les unes sur les autres pendant l'hiver, et prennent la forme de la vallée dont elles finissent par occuper quelquefois toute la partie inférieure. Pendant l'été, la partie supérieure de ces amas de glace fond seule, celle inférieure fond rarement à cause de son contact avec un sol perpétuellement glacé, de sorte qu'il y a de ces *jattes* gigantesques qui sont à l'état de glace depuis un temps impossible à déterminer et qui n'ont vu se renouveler qu'une portion plus ou moins considérable de leur partie supérieure, suivant le degré de chaleur de l'été.

Généralement cette glace est pure et limpide, mais parfois aussi elle est remplie ou recouverte de débris et de blocs dispersés à la surface, ou réunis sous forme de conglomérats dont elle forme le ciment, ou amoncelés en barrages qui rappellent les moraines; ainsi, dans la vallée du Turachtach, on voit une *Eismulde* bordée par une muraille considérable de roches roulées, qui doit s'opposer à l'écoulement des eaux et contribuer à l'augmentation rapide de la jatte entière.

Dans d'autres localités, la glace recouverte de grosses pierres ou enveloppant des arbres dont les troncs desséchés s'élèvent au-dessus de sa surface, forme un vaste champ désolé au milieu des vallées boisées; les masses roulées qu'on y observe ont été arrachées mécaniquement par les eaux dans les parties supérieures de ces vallées et elles gisent sans aucun ordre sur la glace. Ces masses restent le jouet des eaux jusqu'à ce que, fortement échauffées par le soleil, elles s'enfoncent dans la glace ou sont entraînées par l'eau sur sa surface unie jusqu'à l'extrémité de l'*Eismulde*, où, s'arrêtant sur le terrain, elles forment des murailles différant essentiellement des moraines terminales. En effet, ces dernières résultent d'un transport opéré par les glaciers animés d'un mouvement de progression, et elles ne sauraient dans aucun cas contribuer à l'accroissement de ces masses de glaces, tandis que les murailles terminant les *Eismulden* sont le résultat de l'action des eaux, et non de la marche en avant de *ces glaces stationnaires*, dont elles favorisent l'accroissement en retenant les eaux qui se congèlent et s'élèvent graduellement par l'addition de couches successivement superposées.

Les glaces des vallées du Nord sont habituellement dans les régions inférieures couvertes en grande partie de végétation, et elles appartiennent à des montagnes dont les sommets n'atteignent jamais la limite des neiges dites perpétuelles. Les matériaux disséminés à leurs surfaces ou amoncelés à leurs extrémités sont corrodés, arrondis par

les eaux, mais ils ne présentent jamais les traces du poli et des stries que les glaciers seuls ont la propriété d'imprimer aux matériaux soumis à leur action.

Ces amas de glace d'eau ne s'observent pas exclusivement dans les cavités, dans le fond des vallées ; mais ils se produisent aussi sur les flancs inclinés des montagnes, sous forme de nappes plus ou moins étendues, dont l'existence est toujours due à des eaux supérieures ayant assez de pente et coulant dans des circonstances qui leur permettent de se répandre sur le terrain en couches minces qui se congèlent et se superposent. L'expression d'*Eismulden* n'embrassant qu'une portion de ces formations glaciales, **M. Middendorf** a proposé de comprendre l'ensemble des diverses accumulations de glace d'eau sous une même dénomination, celle d'*Aufeis* (amas de glace), comprenant tous les phénomènes du même genre.

L'épaisseur de l'*Aufeis* croît dans les plaines de glace des montagnes de la Sibérie, principalement par la chute abondante des neiges. La neige tombe dans les eaux, se congèle sur des épaisseurs plus ou moins considérables, séparées les unes des autres par des couches de glace pure. En général, sa formation par couches superposées est tellement prononcée dans les *Aufeis*, que la séparation des parties a toujours lieu par fissures horizontales.

Les amas de glace produits par la congélation des eaux de sources dans le fond des vallées ou sur les flancs des montagnes ne sauraient donc se confondre avec les glaciers persistants ou temporaires. Dans les uns, la glace est compacte, immobile et fixée sur le sol gelé [1] ; dans les autres elle est grenue et animée d'un mouvement constant de progression, et les moraines terminales et les barrages des *Aufeis* ne diffèrent pas moins essentiellement les uns des autres, il serait certainement facile, dans l'étude des formations erratiques, d'éviter toute confusion, si l'on venait à rencontrer dans les Alpes ou dans les régions voisines des murailles ou des enceintes élevées par les eaux, au pourtour d'*Eismulden* ou d'*Aufeis* anciens ou actuels.

Cours d'eau alimentés par les glaciers.

II. 24. Les eaux répandues à la surface des glaciers pénètrent dans leurs masses par les crevasses, les fissures, les trous et les joints des grains qui retiennent tout ce qu'ils peuvent contenir ; mais la portion qui n'est pas absorbée donne naissance à des ruisseaux super-

DA. [1] Aux altitudes au-dessus de 2600 mètres, dans les Alpes, la glace est de même fixée, gelée au sol.

ficiels, ou pénètre jusqu'au sol inférieur sur lequel elle s'écoule en suivant ses sinuosités et sa pente; puis, arrivées aux extrémités inférieures des glaciers et réunies aux sources du bassin recouvert, elles s'échappent et alimentent les torrents glaciaires.

Torrent de l'Aar à la sortie du glacier.

La puissance de ces torrents varie à chaque instant en raison de la marche de l'ablation, des conditions météorologiques, de l'abondance des pluies et de l'étendue des glaciers; ces variations ont fait pendant plusieurs campagnes l'objet d'expériences et de recherches suivies de la part de **M. Dollfus**, qui aura bientôt occasion d'en faire connaître les résultats avec des détails qu'il serait superflu de rapporter ici [1]. Il me suffira, pour faire comprendre les rapports des fluctuations de l'eau avec l'ablation, la température et l'inconstance du débit des torrents glaciaires, de noter en passant quelques-uns des chiffres consignés dans les tableaux d'observations relatives au torrent de l'Aar (Unter-Aar), pendant le mois d'août 1844.

Ce torrent, observé pendant seize jours, a débité, savoir :

du 9 au 12 août.	2,000,000	mètres cubes par 24 heures;
le 13	1,600,000	dans le même temps;
le 14	1,500,000	*idem*
du 16 au 21 . . .	680,000	*idem*
le 22	490,000	*idem*
le 24	380,000	*idem*
et du 25 au 27 . .	328,000	mètres seulement.

Le débit a atteint pendant les quatre premiers jours un maximum au-dessous duquel il est considérablement descendu plus tard; l'état du ciel était favorable, la température s'est élevée de 12° à 15°, et l'ablation à un maximum de soixante et soixante-cinq millimètres.

« A partir du 12 [2], le temps se détériore, la température baisse et « avec elle l'ablation qui de 0°,085 tombe à 0°,030; mais le débit de l'Aar « reste le même. Le 13 commence le mauvais temps; c'est d'abord « de la pluie, puis la neige qui dure jusqu'au 16 au soir; la tempéra- « ture se refroidit; l'ablation diminue en proportion, elle n'est plus « que de 0°,010 le 13, de 0°,005 le 14; enfin le 15 elle cesse complète- « ment, à mesure que la neige prend pied sur le glacier. De son côté, « le volume des eaux a diminué, mais dans une proportion bien plus « faible qu'on aurait dû l'attendre, puisqu'il est encore le 14 août de

DA. [1] Voyez paragraphes DA.

H. [2] **Agassiz.** *Nouvelles études*, p. 367.

« 150,000 mètres cubes. Ce n'est que le 16, c'est-à-dire après qu'il a « neigé pendant trois jours, par une température moyenne de + 2° « et + 3°, que la rivière subit tout-à-coup une baisse considérable : « elle n'écoule plus que 680,000 mètres d'eau ; le 17 le temps se remet, « mais l'ablation est toujours nulle, parce que le glacier est couvert « de neige. Cette neige, qui est d'abord de 0m,60, se tasse et disparaît « peu à peu sous l'influence de la température qui s'est insensiblement « réchauffée durant l'intervalle. Malgré cela, la rivière ne hausse pas ; « loin de là, elle continue à baisser, si bien que, pendant les journées « du 24 au 27, elle se trouve réduite à un volume de 328.000 mètres, « c'est-à-dire à moins du sixième de son volume au commencement des « opérations. D'après les renseignements de **M. Desor**, elle n'a re- « haussé que plus tard, à la suite d'une série de beaux jours du com- « mencement de septembre, mais sans atteindre le niveau qu'elle avait « au commencement d'août. »

D'après ces observations, et en voyant tout d'abord un contraste entre l'écoulement et les conditions de température, le débit des eaux se maintenir à un volume élevé lorsque l'ablation diminue et que la température baisse, puis ensuite les eaux diminuant graduellement, lors même que la température se relève, on pourrait croire qu'il n'y a aucune relation entre ces deux ordres de faits, qui cependant se lient évidemment entre eux. Mais on doit y voir une preuve du rôle que jouent les joints des grains de glace et de la circulation de l'eau dans la masse entière des glaciers. En effet, ainsi que le fait remarquer **M. Agassiz** : « Si pendant les journées du 13 au 16 août, qui « furent très-froides et pendant lesquelles l'ablation a été à peu près « nulle, l'Aar n'a pas moins donné une masse d'eau considérable (plus « de 4 millions de mètres cubes), c'est une preuve que *l'eau était en « réserve dans l'intérieur du glacier*.

« D'après l'évaluation qui a été faite de la fonte dans une journée « d'été, ce serait le produit de quatre journées d'ablation qui aurait « été débité dans ces quatre jours, et l'on conçoit qu'à la suite d'un « écoulement pareil, la rivière a dû diminuer considérablement : avant « qu'elle regagnât son maximum, il fallait que le déficit causé par les « journées froides fût comblé ; la hausse n'a, par conséquent, pu se « faire que très-lentement. Des fluctuations semblables ne pourraient « certainement avoir lieu si, au lieu de se répandre dans toute la masse « du glacier, l'eau de fonte ne faisait que circuler dans les grandes « crevasses et passer outre. »

A l'approche de l'hiver, les torrents alimentés par l'excédant des eaux de fonte diminuent graduellement, et ils finissent même par se tarir entièrement lorsque l'ablation a cessé ; aussitôt que la surface des glaciers, et jusqu'à une certaine profondeur, est entièrement gelée, toutes les ouvertures des fissures et des joints sont fermées et cette surface forme une croûte compacte au travers de laquelle l'air ne saurait plus pénétrer ; l'eau qui circule dans ces fissures et dans tous ces joints cesse de s'égoutter, elle y est retenue comme elle le serait dans des tubes verticaux ou sinueux ouverts inférieurement et fermés supérieurement ; et jusqu'au moment où l'ablation se manifeste de nouveau, elle suffit pour assurer l'alimentation et les mouvements de progression qui cesseraient de se produire si, à une époque quelconque de l'année, les glaciers se trouvaient entièrement à sec.

Cependant, même lorsque les torrents sont à sec pendant l'hiver, on voit s'échapper de dessous de certains glaciers quelques filets d'eau que plusieurs observateurs considèrent comme des preuves de l'action de la chaleur centrale, dont les effets se font sentir sous ces masses glacées. Si l'influence de cette chaleur déterminait, suivant les évaluations de **M. Elie de Beaumont**, la fonte d'une couche d'un demi-millimètre par mois à la face inférieure des glaciers, elle serait assurément insuffisante pour l'alimentation des filets d'eau et à plus forte raison des torrents.

Aussi faut-il admettre que des sources fournissent pendant l'hiver la totalité ou au moins la plus grande partie des eaux hivernales, surtout, s'il est vrai, comme les diverses observations faites jusqu'ici semblent le démontrer, que la température sous les glaciers diffère très-peu pendant l'été de celle qui y règne pendant l'hiver, et qui se maintient habituellement à un point voisin de la congélation, leur fond n'étant adhérent qu'accidentellement sur quelques points isolés et restant pendant toute l'année détaché du sol sur lequel ils s'avancent sans interruption.[1]

Les eaux en hiver sont limpides, tandis que pendant l'été elles sont chargées de détritus des matières minérales soumises à l'action des glaciers ; ces détritus réduits en une poussière extrêmement tenue,

[1] Jusqu'à l'altitude des polis, approximativement 2600 mètres dans les Alpes, les glaciers ne sont pas adhérents au sol, sauf quelques exceptions de parties partielles, suivant les saisons ; mais au-dessus de cette altitude, dans toutes les saisons, les glaciers sont adhérents, gelés au sol, et l'eau qui en sort est limpide, très-claire et ne charrie pas la moindre parcelle de matériaux

entraînés jusque dans les basses vallées, dans les lacs où ils se déposent en totalité ou en partie, sont les éléments de la boue glaciaire et de couches superficielles dont nous aurons bientôt occasion de parler.

Mouvement des glaciers.

H. 25. On sait que les glaciers sont animés d'un mouvement de progression qui les entraîne incessamment vers le fond des vallées, et j'ai dit que ce mouvement se produisait en raison de leur masse et de leur alimentation ; enfin que, si l'alimentation cessait pendant un temps suffisamment long pour que toute l'eau retenue dans les joints et les fissures de la glace fût absorbée ou parvînt à s'écouler, leur marche se ralentirait graduellement et finirait par cesser complétement.

Aussi les mouvements ne sont-ils pas égaux et uniformes dans toutes les parties d'un glacier et sur des masses inégalement étendues et puissantes, placées dans des conditions topographiques différentes, et recouvrant des terrains à relief et pentes régulières dégagés d'obstacles, ou offrant des accidents et des aspérités plus ou moins multipliés. Les observations de **MM. Agassiz, Desor, Otz** et **Dollfus** ne laissent aucun doute à cet égard et ont complétement confirmé ce que, à priori, une étude superficielle du régime des glaciers avait en quelque sorte révélé ; et, grâce à leurs travaux, les déplacements des différents points de divers glaciers ont été rigoureusement déterminés au moyen de mesures trigonométriques relevées pendant une période de plus de dix années.[1]

Les tableaux des relevés continués jusqu'ici par notre confrère **Otz** feront connaître tous les détails de la marche du glacier de l'Aar que nous avons choisi pour le champ principal de nos observations ; mais comme je ne crois pas devoir anticiper sur la publication que fera prochainement **M. Dollfus**, en donnant des détails dont la reproduction m'entraînerait d'ailleurs hors des limites d'un *résumé des principaux faits glaciaires*, que j'aurais voulu pouvoir encore abréger davantage, je me contenterai de rapporter quelques annotations sommaires sur les inégalités et les variations du mouvement.

Toutes les parties d'un glacier ne marchent pas avec une égale vitesse ; et si l'on observe un point déterminé à sa surface, on s'aperçoit que la progression varie sur ce point suivant les époques de l'année. Ainsi, à la fin de 1846, et en prenant la moyenne de quatre années pour les stations marquées sur la moraine médiane du glacier de l'Aar,

DA. [1] Mesure trigonométrique relevée toutes les années depuis 1842 à 1862.

et dans sa région moyenne et inférieure, M. Agassiz a indiqué les gradations suivantes dans l'avancement annuel.[1]

Bloc n° 1	38m,16	
— n° 2	74m,36	région moyenne.
— n° 5	77m,01	
— n° 8	67m,53	
— n° 10	70m,69	
— n° 11	56m,47	
— n° 15	38m,66	région inférieure.
— n° 17	29m,51	

D'après ce tableau, et pour des points situés dans des conditions semblables, on voit que l'avancement s'est accéléré du n° 1 au n° 5; qu'il s'est ralenti au n° 8, pour se relever du n° 8 au n° 10, et enfin que, du n° 10, il est graduellement descendu jusqu'à l'extrémité du glacier, dont la puissance diminue graduellement aussi entre le n° 10 et sa tranche terminale; ces blocs ne marchent pas suivant des alignements invariablement déterminés, ou l'*axe présumé du glacier*, mais plutôt suivant les courbes qu'affectent les flancs de la vallée. Les uns tendent à se rapprocher de la rive droite, les autres de la rive gauche. Ces mouvements ou *déviations latérales* sont quelquefois considérables et de plus de 20 mètres par an; nous verrons plus tard, lorsqu'il sera question des tables des glaciers, qu'elles peuvent résulter de la combinaison de deux causes indépendantes, l'une imprimant le mouvement de translation longitudinal ou transversal, et l'autre occasionnant une série de déplacements ou de chutes successives.

Dans la région supérieure la progression décroît en sens inverse; elle se ralentit graduellement vers le haut et d'une manière beaucoup plus rapide vers l'amont que dans la région inférieure, et elle atteint précisément son maximum dans la région moyenne, où le glacier lui-même atteint son maximum de puissance. Ainsi, en supposant l'alimentation égale pour toutes ses parties, on aurait encore ici une preuve évidente de la relation de *l'influence de la masse sur la vitesse*.

Ces différences de vitesse doivent avoir une influence marquée sur le régime des fissures et des crevasses, ordinairement plus nombreuses et plus larges vers les limites des régions supérieures et moyennes, et qui, dans les glaciers étalés sur un fond plat et régulier, comme le glacier de l'Aar, diminuent, se ferment et finissent par disparaître

[1] Agassiz, *Nouvelles études*, p. 130.

entièrement dans la région inférieure, par suite du ralentissement et des pressions causées par les dilatations de la section moyenne.

D'un autre côté, si l'on tient compte des variations dans les progressions saisonnaires des divers points répérés, on voit que les mouvements subissent des oscillations régulières, qu'ils atteignent leur maximum au printemps et pendant l'été, et qu'ils se ralentissent sensiblement à l'approche de l'hiver pour se relever ensuite; enfin que le maximum de vitesse de l'été, *excédant de beaucoup la moyenne annuelle* [1], les masses restant les mêmes et dans des relations constantes, ce maximum est atteint au moment où l'ablation est plus active et où par conséquent l'alimentation est complète : observations qui viennent corroborer ce que j'ai dit des causes des mouvements des glaciers, dont la marche s'accélère ou se ralentit en raison de l'alimentation abondante ou restreinte qu'ils reçoivent aux diverses époques de l'année, et proportionnellement à leurs masses.

Si l'on considère une bande transversale d'un glacier, on voit que toutes les parties de cette tranche ne sont pas animées d'un mouvement uniforme de progression. La vitesse atteint son maximum au centre et elle décroît graduellement de l'axe du glacier vers ses rives [2]; et si la tranche considérée est limitée par des crevasses récentes ouvertes en ligne droite ou par des pieux alignés et profondément enfoncés dans la glace, on remarque que ces alignements s'altèrent graduellement et finissent au bout de quelque temps par former des courbes ayant leurs sommets dirigés vers l'aval et les extrémités des arcs appuyés sur les bords et tournés vers l'amont.

Ces inégalités dans la vitesse et ces progressions décroissantes transversalement expliquent les formes circulaires des affleurements des fissures et des crevasses transversales, et elles sont d'autant plus sensibles et prononcées que l'épaisseur d'un glacier décroît plus rapidement vers ses rives à partir du centre ou de son axe, déterminé par les points où la vitesse atteint son maximum et correpondant par conséquent au maximum de puissance de la glace.

DA. [1] Dans certains glaciers.

DA. [2] Le mouvement est en raison de la masse de la section observée. Ordinairement la section au milieu du glacier est la plus épaisse, et c'est là que le mouvement de la ligne transversale est le plus accéléré. Dans de certaines parties des glaciers, on a observé le maximum de vitesse souvent assez rapproché des bords des roches qui les encaissent, et vérification faite, il a été confirmé qu'exceptionnellement sa masse était plus épaisse qu'au milieu.

Cet axe ne suit pas des alignements droits, mais il se déplace tantôt à droite, tantôt à gauche de la direction apparente du milieu de la vallée, en suivant inférieurement le véritable thalweg, ou la ligne de plus grande pente du bassin qu'il occupe et dont il ne nous permet pas d'apercevoir et de constater le véritable relief. Aussi les fissures longitudinales se maintiennent-elles parallèlement à la section médiane dont elles suivent généralement les inflexions quand des accidents ou des inégalités sur les rives du bassin ne permettent pas aux tranches longitudinales de déverser, de s'étaler et de se contourner latéralement, en laissant entre elles des fentes d'écartement à peine visibles vers le centre de la masse et s'ouvrant de plus en plus vers les rives; et dans ces fissures longitudinales à alignements droits, parallèles aux axes ou rayonnant latéralement, et ces fissures transversales décrivant des arcs plus ou moins prononcés ou courbes de pressions, on doit évidemment voir la conséquence de la marche des glaciers, ces coupures étant inévitables dans des masses qui ne peuvent subir des mouvements d'expansion divers sans se rompre, sans se diviser en tranches, poussées toutes d'amont en aval avec des vitesses inégales. Et non-seulement elles sont entièrement indépendantes des plans ou joints qu'on remarquerait en outre dans les glaciers s'ils étaient réellement des masses stratifiées, alimentées par des couches successivement ajoutées à leurs surfaces sous les nevés, mais elles se reproduiraient dans le même ordre avec les mêmes allures, quand bien même la transformation des nevés en glace serait un phénomène essentiel, constant et non purement accessoire et accidentel, et elles indiqueraient encore les joints de glissements et les courbes des pressions.

Leur mouvement varie d'une année à l'autre, et ils progressent ou décroissent suivant la prédominance des influences de conservation ou de destruction auxquelles ils sont naturellement soumis; mais ces oscillations ne sauraient être fixes ou régulières comme on le croyait autrefois, puisqu'elles dépendent des conditions atmosphériques qui ne se reproduisent pas uniformément et suivant un cours invariable, soit périodiquement, soit d'année en année.

Lorsque les influences d'alimentation et de conservation[1] l'emportent

[1] Les influences de conservation des glaciers sont : de fortes chutes de neiges qui les couvrent temporairement pendant l'été, et dont l'eau de fusion alimente le glacier et préserve sa surface de toute ablation.

sur les influences destructives [1], sur l'*ablation*, les glaciers gagnent du terrain, se relèvent ou s'étendent et empiètent sur leurs rives aussi bien que sur leurs fronts. Dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsque les influences destructives prédominent, ils diminuent en abandonnant les terrains sur lesquels ils ont laissé des traces de leur passage, de leur séjour et de leur action.

Mais depuis bien des années les glaciers des Alpes sont en voie de progression, et leurs empiétements pendant les derniers siècles paraissent aussi incontestablement démontrés par les documents historiques que leurs envahissements récents et actuels sont prouvés par les traces irrécusables de leur incessante destruction; de vastes pâturages sont recouverts ou fermés, des forêts d'arbres séculaires sont envahies et dévastées; enfin des chalets isolés ou des groupes d'habitations situées autrefois à d'assez grandes distances de ces masses de glace sont incessamment atteints, culbutés et détruits sous nos yeux.

Cette marche progressive se ralentira-t-elle un jour ou dans un avenir prochain avant que de nouveaux désastres ne soient venus frapper des populations menacées ou déjà bien éprouvées? Nul ne saurait l'affirmer, puisque rien n'indique ou ne permet de présager le retour de conditions atmosphériques déterminant soit l'équilibre entre les causes de conservation ou de destruction, soit la prédominance de ces dernières pendant une assez longue suite d'années. A cet égard onne peut que se livrer à des conjectures et à de vagues espérances.

Les glaciers progressent en longueur, en largeur et en hauteur.

Les glaciers se dilatent non-seulement d'amont en aval ou latéralement de leurs centres vers leurs rives, mais encore de bas en haut; *et la progression tend en même temps à les développer en longueur, en largeur et en hauteur et à augmenter ainsi leur puissance et leurs masses.*

Le relèvement de leurs surfaces ne peut être que la conséquence des mouvements de progression agissant simultanément dans ces trois directions, et il est facile de s'en convaincre soit au moyen de nivellements, soit en observant avec soin le régime des glaciers sur leurs rives.

Si l'on examine un point quelconque du glacier de l'Aar, par

DA. [1] Les influences destructives sont l'action des rayons solaires sur les surfaces du glacier découvert; suit une très-forte ablation.

exemple, on s'aperçoit, tout d'abord que la pente de sa surface étant plus considérable que celle de la nappe sur laquelle il repose et s'avance, la puissance du glacier doit augmenter d'aval en amont proportionnellement à la différence de ces pentes; le mouvement de translation ayant lieu en sens inverse, c'est-à-dire d'amont en aval, doit amener successivement sur le point considéré une tranche de glace plus épaisse que celle qui vient d'être portée en avant et produire un exhaussement entièrement indépendant de l'effet de la dilatation, du gonflement. En été cette surélévation peut même paraître non-seulement inappréciable, mais encore négative, si l'ablation est considérable et enlève une tranche superficielle compensant ou dépassant même l'augmentation d'épaisseur due à l'inclinaison de la surface du glacier.

Ainsi, la pente du lit du glacier de l'Aar étant de 3 p. 100, et celle de sa surface à la hauteur du Pavillon de 5 p. 100 moyennement, lorsque le point *A* (*Pl. 8, fig. 9*) aura atteint le point *C*, après avoir parcouru une distance de 50 mètres, si l'ablation a été d'un mètre, la glace en *C*, loin d'être relevée, sera ramenée au niveau qu'elle occupait à ce point, avant que la tranche *A C* ne fût descendue de *C* en *D*, et elle se sera même abaissée d'un mètre au-dessous de ce niveau si l'ablation, pendant la durée du parcours, a atteint 2 mètres, tandis que pendant l'hiver, l'ablation n'ayant plus lieu et le mouvement n'étant pas interrompu, le point *E* étant parvenu en *A*, la surface du glacier sera incontestablement amenée au printemps à un mètre au-dessus du niveau de ce point.

Le remplacement de tranches d'une épaisseur déterminée par des tranches plus épaisses ne saurait donc avoir pour effet de relever le niveau de la surface du glacier, ni même de le maintenir suivant une limite moyenne de hauteur, puisque l'ablation variant de 2 à 3 mètres annuellement, compense, et bien au-delà, l'excédant d'épaisseur résultant de la pente superficielle de la glace, et tend même à la réduire graduellement.

Mais cependant, non-seulement cette surface n'est pas maintenue à un niveau moyen ou s'abaissant graduellement, mais elle tend à se relever, et elle se relève même sensiblement, malgré les réductions que lui fait subir l'ablation pendant une partie de l'année.

Si l'on observe, sur la rive gauche du glacier de l'Unter-Aar (*Pl. 8, fig. 10*), un bloc dont on aura repéré la position en un point *A* à l'entrée de l'hiver, s'il n'y avait pas de gonflement, on devrait le

retrouver en *B*, à une hauteur *B C* égale à l'épaisseur de la tranche *A D* au-dessus du sol inférieur, lorsqu'on viendra l'observer au printemps suivant ; mais à cette époque il occupera une position de 2, 3, 6 ou même de 7 mètres au-dessus du point *B*, et on le verra relevé en *X* contre la rive, où il pourra rester stationnaire pendant quelque temps, dès que la surface du glacier aura commencé à baisser et à se retirer sous l'influence de l'ablation estivale ; dans sa marche, au lieu de suivre la ligne *A B* et de se trouver sous la parallèle *A B*, à la surface inclinée de 5 p. 100, pendant la durée du trajet sur le plan incliné *D C*, il se sera graduellement relevé de *A* en *X*, et la différence de niveau entre les points *B* et *X* donnera la mesure du *gonflement* (rehaussement) qu'aura éprouvé le glacier dans un temps déterminé ; et ce gonflement réel ne sera pas dû au mouvement transversal qui tend à porter vers les bords des tranches plus élevées en remplacement de celles qu'enlève ou abaisse l'ablation, mais au *relèvement* de la tranche même touchant immédiatement la rive du glacier.

Le gonflement (rehaussement) des glaciers est un fait dont j'aurai plus tard occasion de citer de nombreux exemples ; il est indépendant du mouvement de transport de tranches successivement plus épaisses d'amont en aval, ou transversalement du centre vers chacune des rives ; et en terminant, je répéterai encore qu'il est évidemment la conséquence de la dilatation des glaciers aussi bien en *hauteur* qu'en *largeur* et en *longueur*, et en même temps la preuve la plus frappante de leur mode de conservation et d'alimentation, et par conséquent de progression.

L'ablation cesse pendant l'hiver, et elle est retardée pendant l'été par les nevés qui se retirent graduellement et contribuent puissamment à l'alimentation, en donnant aux glaciers la plus grande partie de l'eau dont ils ont besoin ; lorsqu'il y a équilibre entre les causes de conservation et les influences destructives et que les glaciers perdent autant qu'ils reçoivent, ils restent stationnaires ; lorsqu'ils reçoivent moins, ils décroissent et diminuent ; mais lorsque les influences conservatrices dominent, lorsque l'ablation devient insuffisante pour compenser les dilatations simultanées en divers sens, ils progressent rapidement, et ils gagnent en puissance et en étendue, sans qu'ils aient besoin de recevoir le tribut de nouvelles couches de glace formées aux dépens des nevés.

Action des glaciers sur leurs fonds.

H. 26. La glace n'est qu'accidentellement en contact immédiat avec le sol, et généralement elle en est séparée par une couche plus ou

moins épaisse de sables, de galets et de matières minérales plus ou moins finement broyées et réduites à *l'état de boue*, dont la consistance varie en raison de la nature même des roches : ainsi elle est jaunâtre ou grisâtre, et elle a la texture et la consistance d'une argile terreuse ; elle a une teinte plus foncée et un aspect vaseux, ou elle est blanchâtre, incohérente et rude au toucher quand elle provient de la trituration de roches calcaires, ou de schistes et de gneiss, ou enfin de roches siliceuses et de granites.

Cette *couche de boue* est formée de débris pulvérisés entre la glace et les rochers supportant les glaciers ou contre lesquels ils glissent ou s'appuient ; elle n'est pas et elle ne saurait être complétement homogène ; elle contient des fragments de quarzites et de roches dures qui tombent à chaque instant sous la glace ou qui se détachent des parois exposées à son action, et enfin elle constitue un émeri plus ou moins grossier incessamment comprimé et déplacé par la glace. Couche de boue.

Les glaciers, en raison de leurs masses, de leur poids et de leurs mouvements, doivent exercer sur les rochers qui les supportent ou qui bordent leurs rives des frottements considérables et y laisser des traces de leur puissante action. Et en effet, lorsque l'on peut pénétrer entre la glace et le sol, en profitant des crevasses ou des écartements que l'on rencontre çà et là sur leurs rives, aussitôt que l'on a enlevé la couche de galets, de sables et de boue imprégnés d'eau, on reconnaît que les roches sous-jacentes sont usées et polies et souvent recouvertes de *rayures*, de stries *fines* et *rectilignes* ou de *sillons* plus ou moins profonds, dont la régularité ou la conservation varie en raison de la nature minéralogique, des formes et de la disposition de ces roches. La glace seule agissant directement ne produirait pas ces effets, mais au moyen de la couche de sables, de galets et de boue interposée et imprégnée d'eau, les aspérités des roches sont graduellement émoussées, les inégalités disparaissent, se nivellent, se dressent ou s'arrondissent et finissent par prendre un poli d'autant plus parfait que la boue est plus fine et plus homogène.

Les stries plus ou moins fines sont gravées par des sables ou par des fragments anguleux de roches plus dures, et les sillons sont creusés par des galets ou de petits blocs partiellement engagés et solidement maintenus dans la glace ; leur profondeur, leur régularité, leur netteté et leurs directions dépendent de diverses circonstances ; ainsi, lorsque les roches frottées sont des calcaires, comme à Grindelwald et à Rosenlaui, leurs surfaces se couvrent de stries profondement et Stries.

finement burinées par les sables et les fragments quartzeux provenant des gneiss et des granites des cirques supérieurs; sur les roches schisteuses ou gneissiques, les *stries* sont souvent à peine visibles, et sur les serpentines, sur les granites, sur les filons de quartz même, les polis sont souvent parfaits et les stries d'une finesse et d'une régularité extrêmes, ainsi qu'on peut le vérifier au glacier de l'Aar, sur les granites du Pavillon, sur les serpentines des vallées de Zermatt et de Valtournanche, sur les quartz de l'Ober-Aar et de la Meyenwand, etc.

Les stries et les sillons indiquent nécessairement les directions suivant lesquelles s'opèrent les dilatations et les mouvements de progression des glaciers, et elles en reproduisent rigoureusement toutes les inflexions. Ainsi, lorsqu'un glacier, maintenu entre deux rochers, marche sur une surface plane ou peu inclinée, en suivant un cours régulier de *A* en *B* (*Pl. 8, fig. 11*), les stries sont parallèles à l'axe de la vallée; s'il se divise en deux branches *B C* et *B D* contournant un obstacle, les stries s'écarteront d'abord suivant ces directions; puis, après avoir dévié à droite et à gauche, elles reviendront ensuite s'aligner parallèlement à l'axe du mouvement *X Y*.

Sur les plans inclinés, on a supposé qu'elles étaient généralement *horizontales* ou *parallèles à la surface des glaciers;* enfin qu'elles se redressaient en se rapprochant de la verticale aux rétrécissements des vallées.[1]

L'existence de *stries horizontales* serait un fait extrêmement curieux et dont il ne serait pas facile de déterminer la cause; aussi ai-je cherché à le vérifier et à le constater; mais, malgré toute l'attention et la persistance que j'ai apportées dans mes investigations, il ne m'a pas été possible d'en rencontrer un seul exemple, une seule preuve certaine.

Pour que des stries fussent gravées horizontalement, il faudrait un concours de circonstances exceptionnelles, des glaciers marchant sur un plan de niveau et entraînant parallèlement à leur base et sans déviation les sables et les petits galets; mais ces circonstances ne s'observent nulle part, les glaciers s'étalent et s'avancent sur des plans

DA. [1] Les stries faites par les matériaux engagés ou emportés dans la glace en contact avec les surfaces des roches qui encaissent les glaciers ne sont jamais parallèles avec la surface du glacier. — La progression des glaciers se fait en largeur, longueur et hauteur, et par conséquent les stries sont toujours plus ascendantes que la surface du glacier. — Observations positives.

qui peuvent paraître à première vue parfaitement de niveau, mais cependant toujours plus ou moins inclinés; lorsque les inclinaisons sont très-faibles, de 2 à 3 p. 100, et lorsque les surfaces striées sont extrêmement restreintes, ces stries, sans doute, peuvent paraître horizontales, mais dès qu'on les observe, la règle et le niveau à la main, on s'aperçoit bien vite qu'on s'était trompé d'abord, ce qui arrive d'ailleurs à chaque instant dans la région des glaciers, où l'œil le plus exercé ne saurait apprécier, même approximativement, les pentes, les distances, pas plus que les altitudes.

Les galets engagés entre les rives et la glace à une grande profondeur et sous une énorme pression peuvent cheminer parallèlement sur un plan incliné et tracer des stries parallèles à la base du glacier; mais lorsque ces stries sont assez prolongées, on voit qu'elles se relèvent graduellement, suivant des inclinaisons diverses, marquant la marche ascensionnelle causée par les dilatations que subit la glace, tout en progressant d'amont en aval; et ces relèvements deviennent de plus en plus considérables, lorsque les dilatations, dans le sens de la hauteur, augmentent à l'approche d'obstacles ou de rétrécissements forçant toujours les glaciers à se gonfler extraordinairement.

Les stries sont donc parallèles aux directions que suivent les glaciers dans leur marche progressive sur leurs fonds, *et latéralement elles marquent les mouvements ascensionnels qu'ils subissent tout en s'avançant vers le fond des vallées;* et elles s'entrecroisent sous des angles plus ou moins ouverts en raison des déviations ou des oscillations que les glaciers subissent, soit accidentellement, soit périodiquement dans leur régime....

Les glaciers arrondissent, moutonnent, usent et polissent tous les rochers qui sont assez résistants pour n'être pas démantelés ou entièrement démolis; leur action se porte principalement sur les aspérités tournées vers les cirques d'où ils descendent; mais lorsque la glace, entraînée par le mouvement de progression, ne peut s'étaler dans tous les plis du terrain, elle contourne les obstacles qu'elle attaque à l'amont et qui conservent à l'aval leurs formes abruptes[1]; et généralement dans un rocher on distingue, par son poli et ses stries, le côté touché par la glace (*Stoss-Seite*) du côté préservé (*Lee-Seite*) à ses sur-

DA. [1] La surface inférieure des glaciers n'est pas uniformément en contact avec les roches qui les encaissent; la glace ne se moule pas dans les enfractuosités, et souvent de certains vides séparent la glace des roches.

faces inégales et raboteuses. Un exemple bien connu de ces formes s'observe au promontoire du Pavillon, au glacier de l'Unter-Aar; les surfaces de l'amont sont polies, striées et offrent ces formes *moutonnées* qui ont si vivement frappé les premiers observateurs; tandis qu'à l'aval les rochers n'offrent généralement aucune trace de l'action du glacier (*Pl. 8, fig. 16*).

Enfin ces dispositions des parois des cavités encaissant les glaciers s'observent également sur les obstacles que la glace doit franchir, qu'elle attaque à l'amont, mais dont elle ne touche pas les faces tournées vers l'aval (*fig. 18*), à moins que les dépressions ne soient pas assez profondes pour qu'un vide puisse exister entre le rocher et la glace; ainsi dans la *fig. 1, pl. 9*, les polis et les stries visibles sur la surface touchée *a b* cessent sur la paroi *b c d*, dont la glace s'écarte et sur laquelle les matériaux entraînés inférieurement ne peuvent exercer ni pression ni frottement; tandis que les polis reparaissent de *d* en *e*, même dans les inflexions d'un rocher, lorsqu'elles seront peu profondes, puis disparaissent de nouveau à l'origine de l'escarpement *f*.

L'absence de surfaces polies et striées s'observe encore dans le fond même des vallées, lorsqu'elles sont trop étroites et trop profondes vers leurs thalwegs pour que la glace puisse y pénétrer et s'y maintenir.

Dans une coupe, comme celle qu'offre la *fig. 3, pl. 9*, la glace forme un pont sur la crevasse par laquelle les eaux s'écoulent, et sur les parois de laquelle on ne trouvera que des traces d'érosions causées par le torrent jusqu'aux hauteurs qu'il atteint, ou suivant les canaux d'embranchement des ruisseaux latéraux; mais les rochers, à droite et à gauche, à partir des bords de la crevasse jusqu'aux limites du glacier, sont moutonnés (rabotés), polis et striés.

Ces dispositions, qu'on observe sur les glaciers en activité à Rosenlaui, à la source du Rhin postérieur, et dans un grand nombre de localités, se retrouveront à chaque instant, lorsque je rechercherai les traces de l'action glaciaire hors de la région des glaciers actuels; et je les ai notées afin de démontrer que des crevasses ou des sections de vallées, souvent considérables, entièrement dépouillées des traces de l'action de la glace, ont pu, sous les glaciers même, se trouver préservées pendant tout le temps que ces glaciers ont existé, et qu'elles ne se sont pas creusées postérieurement et après leur disparition.

Le polissage et le striage (burinage) des rochers sont sans contredit les effets les plus remarquables et les plus caractéristiques de l'action de la glace, et pendant longtemps peut-être les plus contestés; mais aujourd'hui le doute et les discussions ne sont plus possibles à cet égard, et malgré les difficultés d'observation, malgré la couche de boue interposée entre les rochers et la glace, on a pu constater de la manière la plus positive et les effets et la cause qui seule a pu les produire.

Les polis abandonnés momentanément par les glaciers sont promptement dégagés de leur enduit boueux et mis à découvert par les eaux pluviales; mais on ne les voit pas s'arrêter brusquement aux limites des glaces actuelles; on peut les suivre jusqu'à de grandes hauteurs, souvent même à plus de 1000 mètres au-dessus des niveaux que les glaciers ne dépassent plus aujourd'hui; et leur conservation et leur présence sur ces points élevés, dominés par les dernières crêtes dentelées des Alpes, nous fourniront une preuve irrécusable de l'ancienne extension des glaciers [1] et l'indication précise des limites supérieures auxquelles ils se sont longtemps arrêtés pendant la période de décroissement (*Pl. 9, fig. 4*).

H. 27. Les eaux exercent une action toute particulière sur le fond des glaciers et sur les parois formant leurs encaissements. Comme elles se précipitent souvent avec une grande impétuosité dans les crevasses, dans les trous et dans les cavités de la glace, elles corrodent les rochers qu'elles viennent frapper, en émoussent les aspérités et les arrondissent (*Pl. 9, fig. 5*); mais si elles agissent sur une surface de rochers déjà polie par le glacier, elles en ternissent le poli et elles effacent bientôt les stries rectilignes. Action de l'eau.

Les eaux, chargés de sables et de galets qu'elles entraînent avec elles et qu'elles projettent contre les rochers, ou qu'elles font rouler à leurs surfaces, creusent des cavités circulaires ou des canaux sinueux à rebords arrondis et entièrement différents des stries régulières dont il vient d'être question. Ces cavités et ces canaux s'observent non-seulement sur le fond, mais sur des parois verticales ou diversement inclinées, et évidemment dans le sens de la plus grande pente du terrain et dans des directions normales à celles des vallées; et leurs dispositions aussi bien que leurs formes ne laisseraient aucun doute

[1] Extension à une certaine époque, qui n'était pas celle de leur plus grande ex-

sur leur origine et sur leur mode de formation, quand bien même on ne verrait pas les eaux les ouvrir, les agrandir, les modifier ou en creuser incessamment de nouvelles : aussi la confusion entre ces cavités et les sillons glaciaires, entre les surfaces usées et arrondies par les eaux ou polies et striées par la glace, n'est-elle pas possible ; et leurs différences essentielles, caractéristiques, sont trop sensibles et trop bien appréciées par tous les observateurs, pour qu'il soit nécessaire ou seulement utile d'insister sur des faits parfaitement connus.

Cependant, avant d'aller plus loin, il est bon de prendre note de ces traces d'érosions, de ces sillons verticaux ouverts au contact de la glace à des hauteurs assez considérables au-dessus des torrents glaciaires, et par conséquent du fond des vallées.

S'ils sont creusés par les eaux, il est évident qu'elles ne peuvent agir dans ces directions qu'autant qu'elles sont maintenues dans des canaux ouverts dans la glace et dirigés contre les parois des roches ; que ces canaux changeant de place, les érosions n'ont pas toujours lieu aux mêmes points, à moins de la rencontre de ruisseaux pénétrant latéralement dans les glaciers; mais la condition essentielle est qu'elles soient emprisonnées dans des lits d'où elles ne puissent s'écarter, car il est évident que, si un glacier sur les rives duquel les érosions ont lieu venait à disparaître, les eaux prendraient un autre cours et se reporteraient dans le fond de la vallée.

Lapiaz — Karren Marmites.

II. 28. Et lorsque nous rencontrerons ces cavités qu'on nomme *Lapiaz* ou des *Karren* et des trous circulaires ou *marmites* hors de la région des glaciers actuels, elles nous offriront encore une preuve du concours de la glace et de l'action combinée des glaciers et de l'eau, même quand elles s'offriront isolément sur des rochers entièrement dépourvus de stries; à moins qu'on ne parvienne à expliquer leur formation au moyen de torrents extraordinaires ou de courants diluviens, ce qui paraît peu probable, attendu qu'en admettant, même hypothétiquement, l'existence de ces courants, on aurait quelque peine à comprendre comment ils auraient pu creuser en même temps des sillons longitudinaux dans le sens des vallées, ou verticaux et croisant à angles droits leurs lits d'écoulement.

Dans le plus grand nombre de cas, d'ailleurs, l'hypothèse de courants extraordinaires serait encore moins admissible, puisque les *Karren* sillonnent généralement des parois de roches à surfaces polies et striées; et que l'on voit alors clairement les traces des deux actions distinctes, mais ayant agi *simultanément*, comme elles agissent encore

ujourd'hui sous nos yeux : *simultanément*, attendu que quelques *karren* sont peu profonds, et qu'alternativement ils coupent les stries ou sont croisés par des sillons glaciaires, et que s'ils avaient existé avant l'intervention de la glace, ils seraient entièrement coupés ou effacés; enfin parce que postérieurement ils ne pouvaient s'ouvrir sous l'influence de *l'eau seule*, quelles que fussent la puissance ou la direction des courants, sans effacer entièrement ou partiellement les stries glaciaires parfaitement conservées et sans altérations jusqu'à leurs bords.

H. 29. Les blocs et les menus matériaux engagés entre les rochers et la glace sont incessamment soumis à une énorme pression, broyés et triturés, et en grande partie réduits en une poussière grossière et impalpable qui, en s'imbibant de l'eau de la glace, forme la boue de glacier mêlée à la couche de débris sur laquelle les glaciers reposent ou s'appuient. Boue des glaciers.

Quelques-uns de ces débris de roches sont solidement engagés dans la glace (*Pl. 9, fig. 6*), mais ils sont pour la plupart entièrement dégagés et maintenus dans la couche interposée entre les glaciers, leur fond et leurs parois latérales, et dans laquelle ils peuvent se mouvoir, tourner sur eux-mêmes ou avancer. Sous la double influence de la pression et de ces mouvements imprimés par la glace, tous leurs angles s'émoussent, leurs arêtes disparaissent, ils s'arrondissent et prennent la forme de sphéroïdes ou d'ovoïdes plus ou moins parfaits; si alternativement ils ont subi des mouvements de rotation et glissé parallèlement aux parois des rochers, ils présentent des facettes courbes ou planes indiquant les variations qu'ils ont éprouvées dans leur marche irrégulière.

H. 30. Ainsi, pendant que la *couche de boue*, de menus matériaux et de blocs, comprimée et mise en mouvement, use les rochers, règle leurs surfaces, leur donne un *poli* souvent parfait et y creuse des *stries* et des *sillons*, les blocs et les galets, soumis aux mêmes frottements, doivent aussi se *polir* et se couvrir de *stries;* et c'est ce qui a lieu. Roches et galets polis, striés et rayés.

Lorsque parmi ces galets se trouvent des fragments de roches plus tendres, telles que des calcaires, des schistes ou des serpentines, les débris anguleux de granites et de quarzites, les sables siliceux et feldspathiques les entament facilement et creusent à leurs surfaces des stries plus ou moins nombreuses et profondes; mais tandis que les parois des rochers sont fixes et sont *striées* uniquement dans le sens du mouvement, les *stries, sur ces galets mobiles et continuellement*

dans les lacs et dans les bassins à l'entrée desquels leur cours se modifie et se ralentit.

Sur les rives des glaciers, dans les anses ou plis du terrain formés d'un côté par la glace, on rencontre de petits bassins dans lesquels les eaux sont retenues habituellement ou temporairement et périodiquement; ils sont alimentés soit par de petits ruisseaux coulant à la surface des glaciers, soit par les eaux provenant de filtration et de l'ablation, et qui y parviennent chargées de détritus enlevés aux amas boueux de leurs rives.

La boue glaciaire, les sables et des galets mêmes s'y accumulent et y constituent des dépôts sédimentaires divisés en couches régulières et superposées, dont on peut étudier les relations et l'arrangement quand les eaux, trouvant une issue, s'écoulent et laissent ces cavités momentanément à sec (*Pl. 8, fig. 17 et Pl. 9, fig. 2, 7 et 8*).

Ces dépôts de débris glaciaires, évidemment dus à l'action des eaux retenues du côté d'aval par un barrage accidentel, ne sauraient se former sans le concours combiné de la glace et de l'eau; ils sont étagés et placés à diverses hauteurs, soit au-dessus, soit au niveau du fond des vallées; ils nous offrent sur une très-petite échelle des exemples de formations plus étendues et plus importantes que nous aurons bientôt occasion d'étudier et dont ils serviront à déterminer la nature et à prouver l'origine.

Les divers cours d'eau, dans leur régime ordinaire ou gonflés accidentellement, et les torrents constants ou périodiques charrient en plus ou moins grande quantité des sables, des galets, des blocs et des détritus limoneux qui se déposent dans les bas-fonds dès que la vitesse des courants se ralentit et descend au-dessous d'une certaine limite. Les matériaux ainsi transportés subissent les effets de frottements continuels; ils s'usent, leurs angles s'émoussent, ils s'arrondissent et tendent *tous indistinctement* à acquérir la forme de sphéroïdes plus ou moins réguliers; et tandis qu'ils s'arrêtent ou se déposent dans toutes les parties du lit où la vitesse est trop faible, les détritus provenant de la décomposition des diverses substances charriées ou des dépôts glaciaires, et tenus en suspension dans les eaux, continuent à être entraînés et vont, dans les bassins où les torrents se jettent, former des nappes de sédiment.

Ces dépôts *alluviens* prennent une *inclinaison* qui varie suivant la nature des matières transportées et la profondeur des eaux des lacs dans lesquels ils se forment. Les matières les plus lourdes se déposent

d'abord, et aussitôt que la vitesse du courant a diminué, elles constituent des zones rayonnant autour d'un centre situé à l'embouchure même de la rivière, et elles forment des couches offrant des *bourrelets*, des *ondulations*, des *renflements*. Les sables et les limons poussés plus loin se déposent lentement et par grandes nappes, dont l'horizontalité peut souvent être parfaite, et qui tendent à combler toutes les inégalités du fond des bassins et même celles que présentent les amas de galets.

Les torrents sont les agents de destruction et de transport les plus actifs; les dépôts qu'ils produisent dans les vallées où ils dégorgent ne sont pas composés de couches stratifiées comblant les fonds de cavités ou de lacs, ou formant des nappes continues sur les terrains peu inclinés; ce sont des amas de matériaux jetés sans ordre, d'immenses ruines s'élevant de plus en plus sur le sol qu'elles envahissent, et sur lequel elles forment des bourrelets saillants et allongés connus sous le nom de *cônes de déjection*, anciens ou récents.

Cônes de déjection.

Tous les blocs, tous les galets transportés et accumulés par les eaux sont plus ou moins parfaitement arrondis; leurs angles sont toujours émoussés, et en raison même de leur mode de transport et des chocs qu'ils reçoivent en *roulant* dans les lits des cours d'eau, ils ne sauraient jamais conserver ni leurs angles ni leurs aspérités; aussi l'absence complète de galets anguleux est-elle un fait caractéristique des dépôts véritablement alluviens ou formés sous l'influence exclusive des eaux.

Roches qui encadrent les glaciers.

H. 32. Les Alpes vues de loin paraissent se découper en crêtes élevées, en pics aigus à arêtes tranchantes et à plans réguliers, et elles semblent formées de rochers assez solides pour résister à toutes les causes de destruction; mais de près leurs sommités offrent l'aspect d'immenses ruines et des traces de continuelles dégradations; les rochers profondément désagrégés, délités et décomposés par l'action des eaux et des agents atmosphériques, sont recouverts jusqu'aux cîmes les plus élevées de monceaux de débris qui tombent sur les glaciers avec un bruit effrayant et les recouvrent d'avalanches de blocs souvent énormes, de menus matériaux et de nuages de poussière.[1]

H. [1] Un exemple pris dans le cirque du glacier de l'Unter-Aar fera comprendre cette disposition, cette apparence de pyramides régulières et solides et la désagrégation réelle des masses de rochers qui les constituent.

Vu du Pavillon (*Pl. 18, fig. 1*[a]), le sommet du Thierberg est une pyramide aigue, terminée par des arêtes tranchées, continues, sans dentelures apparentes.

Ces débris rejetés à la surface de la glace s'y entasseraient confusément et sans aucun ordre si les glaciers restaient stationnaires ; mais, en raison de la progression, ils se disposent en longues traînées suivant le sens des mouvements de translation sur les bords ou sur les divers points de la surface des glaciers et finissent par s'accumuler à leurs extrémités, aux pieds de leurs tranches terminales, sous forme de barrages ou de digues transversales. Ces traînées, ces digues, sont les *moraines*.

H. 33. Les *moraines* ont reçu diverses dénominations, soit en raison de leurs formes, soit en raison de leur distribution et de leur situation ; ainsi, lorsqu'elles sont superficielles, on les nomme *moraines latérales* ou *moraines médianes*, suivant qu'elles sont situées le long des rives ou vers les parties moyennes des glaciers ; à l'extrémité des glaciers, les barrages extérieurs ne reposant plus sur la glace, sont les *moraines frontales* ou *terminales ;* enfin sous les glaciers, la couche de boue, de sables, de galets et de blocs constitue les *moraines profondes*, formant presque toujours les bases sur lesquelles reposent les moraines frontales.

Moraines.

Moraines médianes — moraines latérales — moraines frontales (terminales) — moraines profondes.

Ainsi que je viens de le dire, les débris qui tombent sur les bords d'un glacier marchent avec la glace qu'ils recouvrent, et les éboulements se succédant continuellement sur le même point ou périodiquement et à diverses stations, fournissent de nouveaux matériaux qui sont entraînés à la suite des premiers et constituent ces longues traînées sur les rives du glacier, les *moraines latérales,* dans la distribution et l'arrangement desquelles on observe un ordre et une régularité remarquables.

Les moraines latérales sont simples ou composées lorsque les éboulements proviennent d'un seul ou de plusieurs points rapprochés et parviennent à une égale distance du bord ; composées, lorsqu'ils tombent à des distances inégales soit des rives, soit du milieu du glacier ; dans ce cas, les moraines latérales se divisent en plusieurs bandes séparées ou contiguës, marchant parallèlement et avec des vitesses différentes.

Les moraines latérales s'étendent sous forme de nappes à la surface

Mais si on l'examine avec une lunette d'une force même médiocre, on aperçoit que ses arêtes sont profondément découpées, et que le sommet aigu qui les termine et paraît former une pyramide triangulaire à plans réguliers, n'est qu'un amas de blocs séparés les uns des autres, inclinés et en surplomb (*fig. 1*[b] et *1*[c]).

Enfin, de tout près, on ne voit plus qu'un monceau de ruines dont les agents atmosphériques tendent à chaque instant à déterminer le déplacement et la chute.

de la glace ou constituent des bourrelets, des barrages souvent élevés à quelque distance des rives, ou touchant les bords et se déversant même sur les terrains voisins des glaciers.

Les matériaux répandus à la surface de la glace retardent l'ablation sur les points qu'ils recouvrent.

Les galets, les blocs, les terres et généralement toutes les matières répandues à la surface de la glace la préservent et en retardent l'ablation sur les points qu'elles recouvrent; si donc un amas de débris se forme sur le bord d'un glacier (*Pl. 9, fig. 13*) et s'installe à une certaine distance *A B* (*Pl. 9, fig. 15*), la portion de cet amas participant au mouvement de translation aura, dans le cas représenté par cette figure, une section triangulaire *c B a* qui sera ensuite remplacée par la masse de l'éboulement *d* aussitôt que la première portion aura suffisamment cheminé.

La moraine constituée par l'amas *a c B* (*fig. 14*) ne conservera pas la forme de ce triangle ayant un côté vertical *a c*, mais elle se transformera en un prisme *c B f g*, dont le côté *f g* sera la ligne de talus plus ou moins inclinée que pourront prendre les matériaux en s'étalant plus ou moins loin sur la rive en *g*, eu égard à leur nature, leur grosseur, etc.; puis enfin l'ablation faisant graduellement baisser la surface de la glace *B H*, la moraine *d* (*fig. 15*) tendra en même temps à s'affaisser et à s'étaler vers la dépression qui se formera au-dessous du point *B*, et finalement elle s'écartera de la rive sous forme de nappe *x x' x''* (*fig. 16*).

A distance du bord, un amas *a* (*fig. 1, pl. 10*), quelles que soient ses dispositions, finira par prendre la forme d'un prisme plus ou moins régulier; l'ablation agissant des deux côtés à la fois, la glace s'abaissera graduellement et le dépôt, maintenu au même niveau ou surhaussé par suite du gonflement, paraîtra se relever de plus en plus au-dessus de la surface de la glace.

Lorsque le relèvement sera suffisant pour déterminer la chute des matériaux qui ne pourront rester en surplomb sur les arêtes *d b* et *c e* (*fig. 2*), ils glisseront sur les plans inclinés *b d, c e, b' d', c' e'*, etc., et finalement la section de la moraine sera celle d'un prisme triangulaire *D A E* (*fig 3*); mais l'ablation n'agissant pas également, le côté exposé à l'action solaire sera plus déprimé; le côté *A E* sera proportionnellement plus long que *D A*, et aura par conséquent une pente plus forte; et en même temps, si la moraine offre quelques lacunes, quelques vides sur lesquels l'ablation puisse agir, elle présentera transversalement et dans le sens de sa longueur des dépressions, des renflements ou des cônes isolés dont il sera question plus tard.

Les moraines latérales tendent invariablement à se rapprocher des bords ; elles ne s'en écartent qu'exceptionnellement, lorsque des accidents du terrain déterminent des déviations dans la marche des glaciers. La glace sur les rives, au contact des rochers et sous la double influence de la chaleur réfléchie par leurs parois et de l'action directe du soleil, y subit une ablation plus forte qu'à certaine distance de ces rives ; et les réductions qu'elle éprouve favorisant le gonflement ou le déversement de la masse, les moraines viennent toucher les bords, s'y arrêtent partiellement ou en totalité et marquent *très-approximativement* les limites latérales des glaciers.

Sur un plan peu incliné *x y* (*fig. 8, pl. 10*), ces moraines peuvent s'établir et rester en place si le glacier vient à diminuer, ou glisser plus haut et plus bas s'il déborde ou abandonne le point qu'il avait d'abord atteint, et indiquer sûrement ses limites extrêmes. Mais sur une paroi verticale ou très-raide *x y* (*fig. 13, pl. 9*), elles ne peuvent que remonter ou descendre et suivre les oscillations de la glace, mais elles ne sauraient se fixer, et on n'y retrouverait d'autres traces de la présence et de l'action du glacier, s'il se retirait entièrement ou partiellement, que les surfaces polies et striées des rochers.

Les moraines latérales, abandonnées momentanément ou définitivement, sont plus ou moins puissantes, continues ou discontinues ; elles constituent sur les flancs des montagnes des traînées ou des amas de blocs, des bourrelets et des enceintes suivant des lignes de pentes d'amont en aval, parallèles aux surfaces inclinées des glaciers. Extérieurement ou du côté des montagnes, les talus de ces bourrelets sont souvent très-fortement inclinés, les matériaux ayant été rejetés successivement, entassés et maintenus par la glace ; tandis que vers l'aval, du côté de la vallée, ils offrent des pentes moins abruptes. Ainsi lorsqu'une moraine *a b c d* (*Pl. 10, fig. 8*) est abandonnée à mesure que le glacier diminue, la crête *f b c* du bourrelet s'abaissera graduellement aussitôt qu'elle ne sera plus soutenue par la glace ; elle s'affaissera suivant un plan de glissement *f e*, pour s'étaler sur le point *g* et prendre une inclinaison d'autant plus faible qu'elle sera formée de sable ou de menus matériaux, tandis que la pente des talus pourra atteindre 35°, soit en hauteur les $^{7}/_{10}^{es}$ de sa base si elle se compose de gros galets et de blocs anguleux.

Les principaux matériaux dont se composent les moraines latérales sont des blocs et des galets anguleux offrant quelques traces de frottements, quelques angles émoussés par les chocs qu'ils ont subis en

tombant du haut des montagnes, et ces débris sont mêlés à des détritus provenant de leur décomposition ou de leur division mécanique. Cependant on observe fréquemment, et même dans le plus grand nombre de cas, de la boue et des sables de trituration, enfin des galets et des blocs polis et striés dans ces accumulations rejetées sur les rives des glaciers ; et ce mélange de matériaux bruts et façonnés par la glace paraît d'autant plus étrange, que les matières étalées à la surface des glaciers sont transportées sans chocs et sans frottements. Mais il est facile de se rendre compte de cette apparente anomalie et de constater de quelle manière les galets façonnés s'ajoutent aux galets anguleux.

La glace généralement ne touche pas immédiatement les parois des rochers, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer : elle en est séparée par une couche de boue, de sables et de galets soumis à l'action incessante du glacier et qui s'arrondissent, se polissent et se couvrent de stries. Pendant la belle saison, au contact des rochers qui s'échauffent, l'ablation devient plus active sur les rives exposées à l'action du soleil ; la glace se fond et s'écarte graduellement, l'ouverture latérale s'élargit de plus en plus et les matériaux bruts ou déjà façonnés de la rive, ou reposant encore sur les glaciers, y tombent, s'y mêlent et y subissent indistinctement l'action du polissage.

Si donc on observe à la sortie de l'hiver, et au moment même où la neige va disparaître, une coupe (*fig. 11, pl. 10*) prise sur la rive d'un glacier, on remarquera à la fin de l'été que la surface de la glace (*fig. 12*) sera descendue au-dessous du niveau *c b* d'un certain nombre de mètres ; que l'ouverture triangulaire *O* s'est élargie supérieurement dans la même proportion, et plus même, suivant les circonstances locales ; enfin que la moraine latérale *A* est descendue en totalité et en partie, et qu'en s'affaissant elle s'est mélangée aux matériaux bruts rejetés par le glacier.

Mais aussitôt que l'ablation diminuera, le glacier tendra à regagner le terrain, à atteindre ou à dépasser le niveau *c b*, à se rapprocher de la rive et à se relever, et sa progression en avant, en hauteur et en largeur, n'étant plus arrêtée ou ralentie par la fonte superficielle ou latérale les matériaux engagés dans l'intervalle *O* seront comprimés plus fortement, *refoulés* et *remontés* par le mouvement ascensionnel vers la rive, seule direction qu'ils puissent suivre, eu égard à la forme triangulaire de l'ouverture dans laquelle ils se trouvent engagés. Et c'est ainsi que des galets et des blocs façonnés par la glace, des sables

et de la boue de trituration sont rejetés latéralement et viennent se mêler à des blocs anguleux, ou dominent même exclusivement dans les moraines latérales, quand une interruptiou ou un écartement de la nappe superficielle ne permet plus aux matériaux anguleux de parvenir jusqu'aux bords du glacier.

En résumé, les matériaux qui tombent sur les rives des glaciers forment des bourrelets ou des bandes parallèles à ces rives.

Lorsqu'un éboulement s'est établi sous forme de nappe *A B*, à peu près uniforme (*Pl. 9, fig. 9*), la glace subissant l'ablation contre la rive et suivant sa limite intérieure *B*, s'abaisse graduellement avec la nappe dans la partie centrale *C* (*fig. 10*), conserve le niveau primitif, tandis que les parties latérales s'abaissent à droite et à gauche et constituent les revêtements d'un bourrelet longitudinal ayant la forme d'un prisme qui se modifie diversement ensuite.

Un éboulement *A B c* (*fig. 15*) est partiellement entraîné avec le glacier; la section *a c B* ayant une face verticale, ne saurait se maintenir ainsi; la portion triangulaire *a f x* (*fig. 14*) s'éboule et retombe sur la rive de *x* et *g*, et la moraine latérale reprend la forme *g f B*, dont la portion *e x f B*, de nouveau entraînée, va bientôt se modifier par suite de l'éboulement de la face verticale *x e*.

La portion *d* (*fig. 15*) laissée sur la rive ne saurait conserver sa face verticale *a c*; celle-ci s'écroule, toute la surface *A a* suit le mouvement et l'amas prend la forme *x' x' x''* (*fig. 16*), qui sera de nouveau modifiée comme cela a eu lieu pour la moraine *A B c* de la *fig. 15*.

Quand un éboulement vient toucher un glacier au pied d'un talus très-escarpé, *x y* (*fig. 13*), la portion entraînée par la glace subit les mouvements indiqués ci-dessus; mais si le glacier s'abaisse sensiblement, les matériaux descendant en même temps laissent à découvert les parois des rochers sans laisser de traces de la hauteur occupée par le glacier au moment où l'éboulement est venu le toucher, tandis que dans la *fig. 8, pl. 10*, si le glacier s'abaisse jusqu'aux niveaux *g h g' h'*, l'amas *a b c d*, soutenu d'abord par la glace, s'affaisse; la portion *b f e c* tombe et s'étale de *e* en *g*; le dépôt prend la forme *a f e g* et constitue sur le flanc de la montagne, parallèlement à la rive du glacier, un bourrelet qui marquera les limites que le glacier a atteintes à un moment donné.

De même, dans la *fig. 6*, même planche, un dépôt *x* peut rester comme un témoin du passage du glacier sur les rochers peu inclinés *x y*; mais s'il se trouve situé comme dans la *fig. 7*, il tendra à glisser

suivant l'inclinaison de la paroi $x'\,y'$, et à s'introduire entre les rochers et la glace.

Dans la *fig. 11*, un éboulement A couvrant partiellement la glace s'appuie contre le rocher et pénètre dans l'ouverture $A\,y$; si cette ouverture s'élargit (*fig. 12*), et si en même temps le glacier s'abaisse, le dépôt, placé d'abord à la hauteur $c\,b$, descend graduellement et tend à disparaître dans l'ouverture $O\,y'$.

Des matériaux engagés entre le rocher et la glace descendent à mesure que l'ouverture O s'élargit (*fig. 11, pl. 9*), et ceux qui sont restés à la surface de la glace en A y tomberont ensuite aussitôt que l'ablation aura incliné la surface de la glace suivant la pente $x\,x'$.

Mais si le glacier remonte ensuite et, par suite d'un gonflement, se rapproche des rochers, le dépôt pressé tendra à remonter et à former un bourrelet de matériaux broyés et arrondis mêlés de boue (*fig. 12*).

Quand une moraine latérale $b\,a\,c$ (*Pl. 9. fig. 17*), modifiée par suite d'un déplacement et ayant pris la forme $b\,e\,g$, préserve la rive d'un glacier, l'ablation se fait sentir du côté découvert $b\,h$; la surface du glacier s'abaisse graduellement suivant la pente $x\,x'$, et l'amas de matériaux m ne pouvant rester en surplomb, s'affaisse et tend à s'étaler sur cette pente (*fig. 18*), qu'elle suivra vers un point écarté de la rive ou qu'elle recouvrira sans s'éloigner du bord, jusqu'à ce que l'ablation de la rive modifie le glacier suivant $x'\,x''$, et ramène la nappe de matériaux dans les conditions indiquées dans la *fig. 9, pl. 9*.

Enfin, quand un éboulement s'est partiellement engagé entre le rocher et la glace, il peut conserver encore supérieurement, comme l'indique la *fig. 9, pl. 10*, la forme d'un bourrelet prismatique, dont l'arête supérieure s'affaissera graduellement à mesure que l'écartement O (*fig. 10*) deviendra plus considérable; et, à un moment donné, la moraine latérale aura la forme d'une cuvette dont les bords plus ou moins relevés finiront par recevoir une inclinaison trop forte suivant laquelle ils ne pourront se maintenir; les matériaux tomberont alors dans la cavité O, où ils continueront à s'enfoncer jusqu'à ce qu'ils soient repoussés et relevés, comme on le voit dans la *fig. 12, pl. 9*.

Lorsque deux glaciers viennent se toucher et se réunir, leurs moraines latérales se réunissent et se confondent; la moraine latérale droite x de l'un s'opposera contre la moraine latérale gauche y de l'autre (*Pl. 10, fig. 14 et 16*).

Si les deux glaciers sont de puissance inégale, la nouvelle moraine

est refoulée sur l'une des rives et marche parallèlement au bord contre cette rive elle-même, ou à une distance d'autant plus considérable que l'affluent est plus fort; tandis que, si les deux glaciers sont à peu près d'égale puissance, la moraine se dispose longitudinalement suivant l'axe *m m'* marquant leur plan de jonction, et elle prend alors la dénomination de *moraine médiane*.

Tant que deux glaciers marchent parallèlement, elle occupe le milieu de la masse qu'ils constituent; mais si l'un des deux, plus fort et plus puissant, refoule l'autre latéralement, la moraine médiane subit des déviations qui indiquent l'importance et les limites des oscillations déterminées par l'action du glacier prépondérant.

Moraine médiane.

Une moraine médiane peut être formée de deux ou de plusieurs moraines latérales riveraines, parallèles les unes aux autres, contiguës ou distancées. Ainsi, au pied de l'Abschwung qui sépare les glaciers du Lauter-Aar et du Finster-Aar et forme un promontoire au point où ces deux glaciers se réunissent et constituent l'Unter-Aar, la grande moraine médiane de ce glacier comprend, savoir :

Du côté du Finster-Aar (rive gauche), une moraine latérale provenant du cirque de la Strahleck et une latérale de l'affluent du Mittelgrat, séparée de la première et la suivant parallèlement jusqu'à la hauteur de la pointe de l'Escherhorn, où elles se réunissent.

Et du côté du Lauter-Aar (rive gauche), une latérale provenant de l'Abschwung et joignant la moraine de la Strahleck au pied même du promontoire; une deuxième latérale de cette même montagne; puis deux latérales du Lauter-Aarhorn, et enfin la latérale du Schreckhorn : ces quatre dernières, séparées les unes des autres, se réunissent, savoir : la seconde de l'Abschwung et les deux du Lauter-Aar les unes aux autres, à quelque distance de l'Abschwung et à la moraine de la Strahleck, en face du Trift postérieur; enfin à celle du Schreckhorn, un peu à l'amont du Pavillon; à partir de ce point elles se confondent et ne forment plus qu'une seule et unique moraine à laquelle vient encore s'ajouter, à la hauteur du Trift antérieur, une bande de matériaux provenant du Schreckhorn et dont le prolongement supérieur, à l'amont de la station de l'hôtel des Neuchâtelois, est ordinairement recouvert de nevé pendant la plus grande partie de l'année.

A partir du torrent du Trift antérieur, cette grande moraine s'étale latéralement vers la rive gauche et recouvre entièrement la surface de l'affluent du Lauter-Aar jusqu'à l'extrémtié du glacier, entre le

pied de l'Abschwung et le Pavillon; elle décrit une grande courbe contournant l'Escherhorn et tournée vers la rive gauche du Lauter-Aar, refoulé latéralement par l'affluent du Finster-Aar.

Mais, vers les rochers du Pavillon, le glacier entier semble rejeté momentanément vers la rive droite, pour venir ensuite s'appuyer plus fortement du côté opposé. La moraine médiane suit ces diverses inflexions.

Au pied de l'Abschwung, la moraine médiane est une accumulation de blocs et de matériaux provenant d'éboulements continuels et entassés sans ordre. Mais à peu de distance à l'aval de ce point, ils s'étalent sur deux plans inclinés à partir de la crête supérieure de la moraine et plongeant à droite et à gauche, et la moraine elle-même prend la forme d'un prisme allongé dans le sens du glacier.

Jusqu'à la hauteur du torrent du Trift l'inclinaison de ces plans augmente graduellement et à mesure que l'ablation abaisse la surface du glacier au-dessous du niveau de la crête de la moraine; et comme elle agit plus activement du côté du Midi, la dénivellation est plus sensible et l'inclinaison augmente de ce côté. Vis-à-vis le Trift, le côté gauche de la moraine s'étalant jusqu'à la rive du glacier n'offre plus qu'un grand plan incliné, allongé et irrégulier, et offrant une dépression plus ou moins marquée au contact des rochers, tandis qu'à droite et au Midi l'escarpement se prolonge régulièrement et plonge vers le fond de la grande dépression qu'éprouve, entre la moraine médiane et la moraine latérale droite, le glacier dont la surface reste à découvert jusqu'aux abords de la tranche terminale.

Vis-à-vis le Pavillon (*Pl. 10, fig. 13*), la largeur de la moraine médiane est de 196 mètres, savoir : 99 mètres de la crête au pied de la face gauche et 97 mètres pour l'autre côté; et la différence de niveau entre cette crête et les points extrêmes étant de 55 mètres à gauche et de 73^{m},25 à droite, l'inclinaison d'un côté est de 0,255 p. 100, tandis qu'elle est de l'autre de 0,380 p. 100; et ces inclinaisons varient, elles deviennent plus faibles vers le Trift, tandis qu'elles augmentent sur divers points de la face méridionale vers le bas du glacier.

Lorsque les glaciers sont crevassés et profondément tourmentés, leurs moraines médianes ne conservent pas des dispositions et des formes aussi régulières; elles se divisent, se découpent et s'éparpillent, ainsi qu'on le remarque aux glaciers de Viesch, d'Aletsch, de Gorner, de la Brenva, etc.; mais cependant on peut toujours les suivre de proche en proche et les reconnaître aux accumulations conservées sur

les crêtes des crevasses ou des aiguilles et dans les dépressions même de la glace, et juger d'après leurs inflexions et leurs sinuosités des déviations latérales qu'éprouvent les masses dont elles suivent invariablement la marche et les mouvements.

Sur les moraines régulières, comme celles du glacier de l'Unter-Aar, les matériaux se classent et se distribuent en quelque sorte en raison de leur masse, malgré l'apparente confusion qu'offrent ces digues lorsqu'on les aborde pour la première fois.

Sur les pentes de 0,25 et de 0,38 p. 100, des blocs volumineux ne peuvent se fixer solidement et ils glissent incessamment vers les pieds des talus, où ils forment des champs de blocs éparpillés sur la glace. Ceux qui se trouvent sur la crête de la moraine, entourés d'une quantité suffisante de menus débris pour empêcher une accélération latérale de l'ablation et les préserver ainsi d'une chute inévitable, s'y maintiennent comme les *blocs Hugi* et des *Neuchâtelois*[1], de sorte qu'à une certaine distance du point de départ, et en raison des pentes que prennent les talus, on ne rencontre plus sur les flancs de la moraine que des dalles, des blocs peu volumineux, reposant sur leur plus grande face et mêlés aux fragments résultant de la désagrégation ou de la décomposition des matériaux; et sur certains points la moraine médiane de l'Unter-Aar offre l'aspect de ces grossières couvertures des chalets, dont la toiture, composée de dalles de pierres ou de larges tranches de bois, est maintenue par des blocs rangés ou disposés superficiellement.

Les blocs isolés aux pieds des moraines médianes ou latérales, ou disposés à la surface des glaciers, ont souvent des dimensions gigantesques; on en trouve dont la longueur est de plus de 20 mètres; d'autres, en grand nombre, ayant 6, 8 et 10 mètres dans tous les sens : ce sont les *blocs erratiques* rejetés sur les rives des glaciers ou à leurs pieds isolément ou par groupes.

Ces blocs anguleux conservent leurs aspérités en cheminant sur les glaciers, et généralement ils n'offrent d'autres traces de frottements que celles des chocs qu'ils ont éprouvés dans leurs chutes successives. Leur volume ne leur permet pas de s'intercaler entre la glace et les parois des rives, à moins de circonstances exceptionnelles, quand

DA. [1] En 1862 le *bloc Hugi* se trouve au bas de la moraine médiane, rive droite. — Le *bloc ex-hôtel des Neuchâtelois*, séparé en plusieurs morceaux, se trouve épars au bas de la rive gauche de la moraine médiane depuis plusieurs années.

des crevasses ou des ouvertures assez larges se forment accidentellement. Alors ils sont brisés et réduits en éclats qui s'arrondissent et se polissent, ou ils résistent et, entraînés sans pouvoir tourner sur eux-mêmes, leur surface frottante se polit et se couvre de stries, tandis que leurs faces et leurs angles, préservés au contact de la glace, conservent leurs aspérités; et, qu'ils soient entièrement anguleux ou partiellement frottés et polis, ils ont un caractère propre qui permettra toujours de distinguer les *blocs erratiques* des *blocs roulés*, usés et arrondis par les cours d'eau ordinaires ou assez puissants, s'il en existait, pour transporter à de grandes distances et pour faire remonter ensuite jusqu'aux faîtes de montagnes élevées des masses de rochers de 200 à 300, et souvent même de 1000 à 2000 mètres cubes.[1]

Tables des glaciers.

Les blocs dispersés à la surface de la glace y donnent lieu au phénomène bien connu de la formation des *tables des glaciers*, fragments souvent volumineux de dalles ou même de petits morceaux de rochers supportés par des piédestaux de glace.

Un bloc situé sur un glacier (*fig. 17ᵃ, pl. 10*) ne peut s'échauffer et laisser passer assez de chaleur au travers de sa masse pour que l'ablation agisse aussi activement sur l'aire qu'il recouvre, qu'extérieurement à son pourtour, sur la glace exposée à l'action directe du soleil; à mesure que la surface de la glace se fond et s'abaisse, le bloc paraît se relever, et au bout de quelque temps il se trouve comme perché sur une éminence de glace, dont les parois subissant en même temps l'influence de la chaleur, se rongent et tendent à se rapprocher (*fig. 17ᵇ et 17ᶜ*); enfin, quand elle a atteint un niveau qu'elle ne peut dépasser, eu égard aux proportions ou au poids du bloc, celui-ci n'étant plus suffisamment soutenu, tombe et glisse à une certaine distance, en raison de la hauteur du piédestal et de l'inclinaison du glacier, et va un peu plus loin donner lieu à la formation d'une nouvelle table (*fig. 17ᵈ*).[2]

DA. [1] Les glaciers portent sur leur dos des roches monstres et de la poussière de roche impalpable.

H. [2] Des amas de terre, de gazon, etc., préservant la surface de la glace, donnent également lieu à la production des tables: la *fig. 17, pl. 10*, en offre un exemple.

Lorsque le chapeau tombe, si les éléments dont il est formé restent réunis, le phénomène se reproduit, tandis que s'ils se divisent, ils donnent lieu à la formation de *cônes graveleux* ou de trous dont il sera question ci-après. En parlant des tables des glaciers, je crois devoir citer en passant un exemple de tables d'un autre genre que pourront présenter des amas de terres, de sables argileux et graveleux, ayant un certain degré de cohésion.

La direction que suivent les blocs en s'écartant de leurs supports est ordinairement assez constante; à l'aspect du Sud, l'ablation est toujours plus considérable que du côté opposé préservé, pendant la plus grande chaleur du jour, par l'ombre même des blocs, et l'affaiblissement des supports étant proportionnellement plus fort et plus rapide au Midi, c'est de ce côté que le surplomb est plus considérable et que les chutes ont ordinairement lieu.

En supposant que la surface de la glace sous la table soit de niveau, le surplomb de la masse suffirait pour en déterminer la chute; mais cette surface se modifie, et qu'elle soit de niveau ou penchée même vers le Nord, sa pente varie et elle finit par s'incliner vers le Sud, sous l'influence des rayons solaires qui échauffent directement les surfaces inclinées de la table et des supports. Ainsi, l'inclinaison des faces supérieures de ces supports de glace, leur diminution plus rapide d'un côté que de l'autre, et en retraite de la verticale passant par le centre de gravité des tables, sont les causes qui se combinent pour déterminer la chute des blocs et la direction suivant laquelle elle a habituellement lieu.

On a cependant des exemples fréquents de chutes anormales de ces tables dans divers sens et dans des directions entièrement opposées, ainsi qu'on peut le voir par un exemple pris au pied du talus méridional de la moraine latérale du glacier de l'Aar (*fig. 17, pl. 10*), représentant divers blocs tombés, savoir : *a b c* vers le Nord, *d* à l'Est et *e* au Sud-Est, et enfin un petit bloc *f*, portion de la table *e*, commençant à tabler elle-même au Midi sur la glace qui d'abord supportait la masse entière.

Mais ces déviations s'expliquent et se comprennent mieux sur le terrain qu'à l'aspect d'un croquis aussi imparfait que celui-ci et qui ne peut donner une idée complète de l'ensemble des circonstances en raison desquelles les tables ont dû affecter ces directions.

Abrités par d'autres blocs, leurs supports n'ont pu ressentir l'action

Sur la droite de la Viége, en face de Stalden, l'ancienne moraine latérale du grand glacier de Saint-Nicolas offre un escarpement à pic terminé supérieurement par un talus peu incliné et gazonné. Les eaux du torrent atteignant continuellement le pied de cet escarpement, déterminent des éboulements partiels; en même temps les eaux pluviales creusant les fentes qui se produisent dans le plateau par suite d'affaissements des parties désagrégées de sa base, découpent la masse en pyramides ou polyèdres rappelant par leurs formes les aiguilles et les tables glaciaires.

Ici les érosions agissent sur le sol comme l'ablation sur la glace, et des chapeaux de gazon remplacent les blocs (*Pl. 11, fig. 17*).

directe du soleil du côté du Midi, et les trois premiers ont subi au Nord une ablation accélérée par les blocs de la moraine réfléchissant la chaleur de ce côté; enfin les chutes vers l'Est ont eu lieu pour les blocs éclairés et dégagés principalement dans cette direction; et généralement les chutes anormales n'ont lieu que dans les groupes de blocs disposés de manière à empêcher ou à retarder, par les ombres qu'ils projettent, l'action régulière de la lumière et de la chaleur.

Dans un autre groupe indiqué (*fig. 18, pl. 10*), on voit trois blocs énormes encore soutenus par leurs supports de glace; deux tablent vers l'Est, et le troisième table vers l'Ouest.

Si les blocs s'écartent facilement de leur point de départ en tombant sur des plans inclinés dans le sens de leur chute, ils peuvent aussi *remonter* graduellement des pentes d'une faible inclinaison : ainsi, sur le flanc Nord d'une moraine médiane, composée de matériaux éparpillés et laissant entre eux des vides sur lesquels l'ablation s'accélère, lorsqu'un bloc *a* (*fig. 19*^{b}, *pl. 10*) forme une table, il peut tomber dans la cavité *b* et se rapprocher de la crête *C*, à une distance d'autant plus faible, à la vérité, que la pente sera plus inclinée, mais appréciable après un certain nombre de chutes répétées. Ces faits accidentels n'ont pas une très-grande importance, mais cependant j'ai cru devoir les noter comme des exceptions plus ou moins fréquentes à la marche habituelle et régulière des tables vers le Midi, et afin de prémunir les observateurs contre une cause d'erreurs dans l'étude du mouvement des glaciers.

Ainsi, un bloc peut *tabler* plusieurs fois pendant le cours d'un été, s'écarter de la moraine à laquelle il appartient et, après quelques années, les circonstances locales et atmosphériques étant favorables, se trouver notablement déplacé et se réunir à des blocs d'une autre provenance et situés sur une autre partie du glacier; la chute des tables ayant habituellement lieu dans la direction du Nord au Sud, si le mouvement de translation se produit dans le même sens, elles parviendront à la pente terminale avant les autres matériaux partis d'une même station, puisqu'elles auront parcouru dans un temps donné, non-seulement l'espace franchi par le glacier dont elles suivent le mouvement général, mais encore la somme des distances partielles de chute en chute (*fig. 19*^{a}, *19*^{b}, *19*^{c}); un bloc situé au point *a*, à gauche de la moraine médiane (*fig. 19*^{a}) commence à tabler (*fig. 19*^{b}); la cavité *b* s'élargit jusqu'à ce que le bloc tombe, vienne s'y loger et se rapprocher de la moraine *C* (*fig. 19*^{c}).

Si, au contraire, le mouvemcnt de translation du glacier est du Sud au Nord, les blocs auront *reculé* en tablant en sens contraire ; enfin, si la direction est de l'Est à l'Ouest, ils marcheront transversalement en se portant d'une rive vers l'autre.

Ces observations font comprendre qu'il faut éviter de fixer des points de repère sur des blocs exposés à subir des déviations latérales en avant ou en arrière, lorsqu'on veut mesurer les résultats de la progression annuelle ou temporaire d'un glacier, et qu'on doit choisir pour opérer sûrement les blocs solidement établis sur les crêtes ou sur les plateaux des moraines, quoiqu'en réalité ces déviations ne soient pas aussi importantes qu'on pourrait le supposer, puisqu'elles ne se reproduisent ni continuellement, ni périodiquement dans des limites constantes, ni avec assez de régularité pour qu'un bloc puisse en définitive franchir de grandes distances ; souvent même des blocs cessent de tabler et reprennent les allures de la moraine dont ils font partie, après s'en être écartés de quelques mètres seulement de côté, en avant ou en arrière ; d'autres fois ils sont rejetés et momentanément ou définitivement abandonnés sur les rives.

Ainsi le bloc n° 12, situé sur la rive gauche du glacier de l'Unter-Aar, à l'aval de la station de Brandlamme, était éloigné de 80 mètres de cette rive en 1842, et il s'en était écarté jusqu'à une distance de 90 mètres en 1846, pour s'en rapprocher ensuite graduellement. Au mois d'août 1849, il tablait vers le Nord-Est dans la direction des parois de rochers favorisant de ce côté l'accélération de l'ablation, et il était fortement incliné et prêt à glisser dans l'ornière latérale du glacier ; mais il était encore à cette époque à 40 mètres du bord (*fig. 5, pl. 17*) ; en 1851 il continuait à tabler vers la rive dont il n'était plus qu'à une distance de 15 mètres (*fig. 5*[b]), et qu'enfin il venait toucher au mois d'août 1852 (*fig 5*[c]), pour ne plus s'en écarter très-probablement.[1]

A quelque distance, à l'aval de ce bloc n° 12, près du Bærenritz, on apercevait, en 1848, un autre bloc appuyé contre les rochers bordant le glacier à environ 20 mètres en avant et au-dessous d'un groupe de *Pinus cembra* et de souches d'arbres anciens existant sur un tertre gazonné (*Pl. 19, fig. 1*) ; en 1849, ce bloc avait été relevé et poussé contre le cembro le plus rapproché de la rive ; l'arbre n'avait

DA. [1] Ce bloc n° 12, bloc monstre, compris dans la triangulation, est tombé en 1852 dans une crevasse énorme et n'a plus paru au jour depuis cette époque.

pu résister et on en voyait le tronc brisé couché sur le sol, tandis que le bloc qui le touchait encore, supporté par un piédestal de glace, allait tabler vers l'intérieur du glacier (*fig.* 2). En 1850 il avait été relevé de nouveau, porté à l'aval et abandonné sur le gazon à quelques mètres au-dessus du niveau de la glace que l'ablation continuait à déprimer et qui, l'hiver suivant, devait venir le toucher et l'entraîner de nouveau (*fig.* 3).

Ces blocs, en s'écartant ou en se rapprochant périodiquement et sans doute définitivement de la rive du glacier, ont donc suivi une marche compliquée qu'il suffisait de noter en passant pour faire voir que tous les blocs en tablant ne se dirigent pas invariablement vers le Midi, et que les déplacements irréguliers de ceux-ci ayant été aperçus et soigneusement observés, nos calculs sur les progressions du glacier de l'Aar sont dégagés des erreurs que nous aurions pu y introduire si nous avions considéré ces deux blocs, ou tant d'autres aussi peu stables, comme des points fixes.[1]

Matériaux qui s'enfoncent dans la glace.

H. 35. Lorsque les blocs ou les débris de rochers sont assez volumineux pour intercepter partiellement ou en totalité la transmission de la chaleur sur l'aire qu'ils recouvrent, ils donnent lieu à la production des tables et ils semblent se relever au-dessus du niveau de la glace à mesure que l'ablation en déprime la surface. Mais lorsqu'ils sont réduits en petits fragments, en feuilles ou en dalles assez minces pour devenir complétement diathermanes, il se produit un effet contraire et d'autant plus sensible, que leur couleur sera plus sombre. Ces débris, sous l'influence du soleil, se réchauffent d'autant plus que leur pouvoir absorbant est plus considérable, et en faisant fondre la glace par l'action de la chaleur qu'ils ont acquise, ils s'enfoncent peu à peu jusqu'à ce que, arrivés à une profondeur où ils commencent à être constamment à l'ombre, ils se refroidissent et cessent de descendre (*Pl. 11, fig. 1*). La profondeur des trous qu'ils forment ainsi varie nécessairement en raison des dimensions des menus débris, mais ordinairement ne dépasse pas 10 à 15 centimètres ; et, en effet, on comprend que, dans ces cavités tubulaires, l'ombre portée par la paroi méridionale atteindra d'autant plus promptement et à une moindre profondeur la paroi opposée, que l'ouverture sera plus étroite, comme on le voit par la *fig.* 2, *pl.* 11, indiquant les relations

DA. [1] Les blocs compris dans la triangulation sont nombreux, et dès qu'un de ces blocs table, il n'est plus observé.

de trois cavités ouvertes par des fragments dont les diamètres sont proportionnellement comme 1 : 2 : 4.

Des feuilles, des morceaux de bois, des insectes accidentellement rejetés par les glaciers produisent absolument les mêmes effets, et les uns et les autres, comme les petites pierres, reparaissent à la surface de la glace que l'ablation déprime, pour s'enfoncer ensuite lorsqu'ils se trouvent de nouveau exposés à l'action du soleil; et finalement ils participent au mouvement général du glacier et cheminent tout en suivant alternativement des déviations ascendantes et descendantes.

Les matériaux éparpillés à la surface des glaciers ou réunis sous forme de moraines peuvent pénétrer, et souvent assez profondément, dans la glace, en tombant dans les crevasses, au fond desquelles ils se trouvent ensuite enfermés et retenus pendant plus ou moins de temps jusqu'à ce qu'ils soient de nouveau *ramenés* par ablation à la surface.

Ces corps étrangers, accidentellement enfoncés dans la glace, reparaissent en effet ordinairement au jour plus ou moins promptement, en raison de la profondeur à laquelle ils se sont arrêtés et de l'accélération ou du ralentissement de l'ablation, mais non, comme on semblait le croire autrefois, parce que les glaciers ont la propriété de les repousser et de s'en débarrasser.

Supposons qu'un bloc *b* (*fig. 9, pl. 11*) soit parvenu à une profondeur de 30 mètres dans l'intérieur d'un glacier, éprouvant une ablation annuelle de $2^m,50$ moyennement, la surface *a c* de la glace s'abaisserait graduellement de $2^m,50$, de 5, de 10, de 20, de 30 mètres; après un espace de 12 années, le bloc entièrement dégagé reparaîtrait au jour aussitôt que la tranche *c d* serait atteinte et mise à découvert...

Dans les glaciers remaniés, les blocs se mêlent plus intimement à la glace et s'y trouvent souvent enclavés à de trop grandes profondeurs pour qu'ils puissent reparaître à la surface avant de parvenir à la tranche terminale sur laquelle on aperçoit la glace salie par la boue glaciaire et pénétrée de graviers et de blocs.

Ce mélange s'observe très-bien au glacier du Rhône, surtout lorsque l'on pénètre sous les voûtes d'où le Rhône s'échappe; mais il est très-rare, et toujours exceptionnel dans les grands glaciers qui n'ont pas subi de dérangements ou de chutes assez considérables pour favoriser l'introduction à de grandes profondeurs de matières étrangères à la glace. Les puits ou moulins sont, à la vérité, des cavités ordinairement assez profondes pour permettre l'introduction des blocs vers

les tranches moyennes ou même inférieures; mais, comme ces trous sont ordinairement assez peu nombreux, intermittents et de faibles diamètres, les menus matériaux et les petits blocs qui s'y introduisent *accidentellement* n'y parviennent pas en quantités suffisantes pour altérer l'*apparente pureté de la glace*, ordinairement limpide, transparente et dégagée d'accumulations de graviers ou de menus débris entraînés dans les crevasses, dans les fissures superficielles, et qui reparaissent aussi bien que les blocs sous l'influence des causes dont il vient d'être question.

La glace de glacier contient toujours des parcelles de matériaux de roche.

H. 36. Cependant la poussière, les sables fins ou grossiers, des matériaux impalpables tenus en suspension ou charriés par l'eau, pénètrent dans les joints des parois de glace et s'y fixent ou s'y incorporent à toutes les profondeurs en quantités souvent notables; aussi la glace la plus limpide, la plus pure en apparence, contient-elle toujours une certaine proportion de ces détritus provenant de la décomposition des matériaux des moraines et de la poussière qui accompagne les avalanches de blocs et se répand sur la neige, sur les nevés et sur la glace; ces matières étrangères, qu'on ne saurait apercevoir, se retrouvent pourtant lorsque l'on fait filtrer l'eau provenant de la fonte d'un bloc de glace. Au glacier de l'Aar, par exemple, un mètre cube de glace détachée en face du Pavillon, choisie au fond d'une crevasse et paraissant aussi limpide que le verre le plus pur, contient moyennement 1^{k},648 de sable fin et de moyenne grosseur, et ce poids augmente et dépasse deux kilogrammes si l'on ajoute les éclats de roche réduits à l'état de menus graviers qu'on y rencontre en quantités assez notables.

Cônes graveleux.

H. 37. L'eau qui circule en grande abondance à la surface des glaciers, au printemps et pendant l'été, charrie des galets qui s'arrondissent et prennent les formes de cailloux roulés par les cours d'eau; elle entraîne en outre les détritus, les sables, la poussière et la boue provenant de la décomposition des matériaux des moraines superficielles. Ces matériaux transportés se déposent en nappes dans les dépressions de la surface des glaciers ou en amas dans les trous ou baignoires que les ruisseaux traversent et où leur vitesse se ralentit.

Lorsque ces cavités sont mises à sec, leurs rebords, sous l'influence de l'ablation, s'abaissent d'abord jusqu'aux niveaux de ces nappes ou dépôts de boue formant souvent des couches assez épaisses pour intercepter l'action des rayons solaires et préserver la surface de la

glace qu'ils recouvrent. Il se produit alors un phénomène dont les premières phases sont analogues à celles des tables; l'ablation continuant, les dépôts boueux couronnent les petites éminences *a b c* de glace dont ils ont retardé la fonte (*fig. 3, pl. 11*); mais comme ils n'ont ni la compacité, ni la rigidité des blocs, les matières dont ils sont composés se désagrègent, glissent et s'étalent sur les flancs de leurs supports, qu'ils enveloppent et couvrent d'un mince revêtement. Aussitôt que le chapeau domine sensiblement la surface du glacier (*fig. 4*), l'ablation réduit l'épaisseur de ses supports, et les portions *b b* mises en surplomb tombent immédiatement, glissent en suivant des lignes de talus plus ou moins inclinés en raison de la ténuité des détritus et forment au pourtour des supports de petits amas d'éboulements *c c*; la glace non recouverte *d d* continuant à se fondre, s'incline vers le centre du dépôt qui ne cesse de s'affaisser dans tous les sens; de nouveaux éboulements ont lieu successivement, et finalement la proéminence de glace a pris la forme d'un cône ou d'une pyramide irrégulière dont les faces sont entièrement cachées et préservées de nouveau par un revêtement *e e e* de détritus.

La *fig. 4* transformée, ainsi que le représente une autre coupe (*fig. 5*), offre de tous côtés une inclinaison très-uniforme si les matières ont le même degré de ténuité, soit plus ou moins prononcée si elles offrent des amas séparés de sables ou de menus graviers, mais toujours extrêmement faible et proportionnellement plus forte sur ses faces éclairées complètement, et plus douce du côté préservé par l'ombre même de la proéminence.

Un cône ainsi constitué ne tarde pas à se modifier et à prendre une forme de plus en plus aiguë (*fig. 6*), par suite de la fonte progressive de la glace à son pourtour, et la raideur de ses pentes ayant atteint un maximum qui ne permet plus aux détritus d'y rester appliqués et fixés, le sommet finit par se dégager entièrement, et sa base seule reste enveloppée et préservée par les détritus qui occasionnent la production de nouvelles proéminences (*fig. 7*). Lorsque les détritus forment une enceinte annulaire continue au pourtour d'un cône dont le sommet vient à se découvrir, l'ablation agit intérieurement et extérieurement; l'eau provenant de la fonte du sommet coule sur les parois inclinées, divise le dépôt ou passe au travers sans l'entamer; s'il se divise, plusieurs amas plus petits se formeront, tandis que, si le dépôt reste intact, on observera les dispositions suivantes : le cône étant fondu supérieurement jusqu'au niveau *a b* des détritus, il se formera

intérieurement une cavité dans laquelle les bords de l'enceinte boueuse tendront à s'affaisser (*fig. 8*). Si cette cavité s'agrandit graduellement et conserve une partie de l'eau, les éboulements continuant, la totalité des détritus finira par tomber dans le fond du petit bassin où il se réunira de nouveau, de manière à donner naissance à un second cône semblable au premier.

Si, au contraire, l'eau s'échappe soit latéralement, soit par une fissure intérieure, il se formera un cône plus grand que le premier, ayant intérieurement une cavité cratériforme bordée d'arêtes dentelées et qui cessera de s'approfondir aussitôt que les détritus en auront entièrement recouvert les parois (*Pl. 11, fig. 10*). Extérieurement, le cône continuera à s'élever et à s'incliner; enfin lorsque ses flancs seront mis à nu, l'ablation, en abaissant les crêtes *a a a*, déterminera des éboulements de l'intérieur vers l'extérieur, jusqu'à ce que le fond de la cavité soit devenu le sommet d'un cône (*fig. 11*) qui subira ensuite et de nouveau ces mêmes transformations; et elles ne cesseront de se produire jusqu'à ce que les détritus auront été entraînés, dispersés et reportés sur un autre point par les eaux.

Les *pyramides et les cônes graveleux* sont souvent très-nombreux dans certaines régions des glaciers; ils succèdent ordinairement aux baignoires et aux trous méridiens; on en rencontre constamment en face du Pavillon, sur l'affluent du Lauter-Aar; et là un exemple d'un cône à dépression intérieur, dont je viens d'expliquer la formation, s'est reproduit pendant plusieurs étés successifs sur l'affluent du Finster-Aar, entre les stations de la Brandlamme et du Bærenritz.

Sur les moraines superficielles on observe aussi des dépressions, des coupures et des cônes isolés ou réunis par groupes, et dont quelques-uns ont une hauteur considérable. Ces accidents résultent de l'inégale distribution des matériaux dont ces moraines se composent, des intermittences, des éboulements ou de l'accumulation, sur certains points, d'amas plus puissants de débris et de blocs.

Sur toutes les parties non recouvertes *a b* de la surface de la glace (*fig. 12*), l'ablation creuse des cavités irrégulières, des sillons longitudinaux et transversaux dans lesquels les matériaux glissent et dont ils recouvrent toutes les parois, et bientôt toutes les lacunes sont comblées; la moraine, divisée soit en plusieurs bandes parallèles, soit en amas successifs, n'offre plus qu'une nappe irrégulière et accidentée (*fig. 13*).

Lorsqu'un amas plus puissant de débris et de blocs *a* (*fig. 14*) s'est

formé à la suite d'une avalanche extraordinaire, il retarde beaucoup plus la fonte superficielle que les revêtements plus minces distribués à son pourtour, et il finit par tabler plus ou moins promptement en raison de l'épaisseur de ces revêtements extérieurs, sous lesquels l'ablation est plus ou moins accélérée; aussitôt que le pied de cette table, composée de matériaux n'ayant entr'eux aucune liaison, a acquis une hauteur suffisante, les éboulements commencent (*fig. 15*), se succèdent comme on l'a vu (*fig. 4*), et la transformation de la table en un cône est bientôt accomplie (*fig. 16*). Mais à la base les matériaux les plus volumineux s'étant accumulés, forment un bourrelet circulaire *b b* qui arrête et retient les débris de dimensions plus faibles, et leur permet de constituer jusqu'au sommet *c* de la proéminence un revêtement souvent assez épais, sous lequel l'ablation moins ralentie qu'à la base peut cependant être encore moins active que sous la moraine *d d* qui, continuant à s'affaiblir, permet au bourrelet de s'affaisser et aux divers matériaux de constituer une nappe à peu près uniforme, et finalement au cône de s'élever de plus en plus.

Cônes de blocs.

H. 38. La concentration d'une masse de débris et de blocs peut résulter, non-seulement d'une chute extraordinaire sur la surface des glaciers, mais encore d'affaissements locaux; s'il se produit un tassement et par suite une *cavité profonde* sous une moraine superficielle, les matériaux y glissent et, entraînés par leur propre poids sur les parois inclinées, ils s'accumuleront à la partie inférieure de la cavité qu'ils combleront en partie, et souvent même en totalité *a* (*fig. 1, pl. 12*); puis les surfaces environnantes ainsi que les bords extérieurs, sous l'influence de l'ablation, s'affaissant graduellement suivant les profils *b c d e f*, ne tarderont pas à descendre au-dessous du niveau du dépôt *a*, qui enfin dominera la crête de la moraine, tablera et se transformera en un cône dont l'extension et le développement dépendront de la puissance de l'amas des débris. [1]

Moraines profondes.

H. 39. Les blocs, les galets et les détritus des matériaux engagés entre la glace et les parois encaissantes constituent les *moraines profondes* des glaciers.

Contre les parois latérales elles forment des revêtements qui pénètrent dans les plis, dans les anfractuosités du sol, où elles se fixent lorsque

DA. [1] Sur le glacier de l'Unter-Aar nous voyons plusieurs de ces cônes de blocs, parmi lesquels quelques-uns de forte dimension, qui proviennent d'accumulations de matériaux qui sont tombés dans des affaissements, et qui, par ablation, se retrouvent à la surface.

les plans inclinés n'ont pas de trop fortes pentes; mais sur les pentes rapides, sur les flancs escarpés des rochers, elles ne sauraient se maintenir quand la glace vient à se retirer, et elles s'écroulent dès qu'elles cessent d'être soutenues et comprimées. Les matériaux dont elles sont formées proviennent principalement des éboulements latéraux des moraines superficielles disposées le long des rives, et en partie des débris arrachés aux rochers désagrégés que la glace peut rencontrer et démolir.

La couche des galets écrasés, broyés ou arrondis mêlés aux sables de trituration et à la boue glaciaire, détrempée par les eaux provenant de la fonte ou sortant des joints et des fissures de la glace, tend à s'affaisser et à gagner le fond des bassins; continuellement alimentée par les débris qui s'engagent supérieurement sur les rives, elle alimente à son tour les nappes sur lesquelles reposent et s'étalent les glaciers.

Ces nappes, composées essentiellement de matériaux élaborés latéralement par la glace comblant le fond des vallées d'une rive à l'autre, en font disparaître les inégalités et constituent de puissants remblais dont les surfaces sont dressées transversalement et longitudinalement avec une régularité parfaite; soumis à des pressions considérables, sous des masses continuellement pressées en avant, ces remblais ne sauraient conserver ni aspérités ni ondulations indiquant des fluctuations impossibles, puisqu'ils sont solidement maintenus dans tous les sens. Ils ne peuvent donc que se tasser, se dresser et offrir superficiellement des surfaces planes et inclinées suivant la pente générale qu'affectent les glaciers.

Le profil transversal d'une moraine profonde est une ligne droite de niveau ou à très-peu près horizontale, offrant des inflexions et des coupures aux points où passent les torrents et les ruisseaux sortant des glaciers, creusant leurs lits sinueux et variables dans la nappe qu'ils tendent à bouleverser superficiellement; mais, malgré leur nombre et leurs continuelles érosions, des portions nivelées restent presque toujours intactes et conservent les traces de l'action glaciaire.

Si l'on pénètre sous un glacier, ou s'il diminue de manière à laisser à découvert une portion de sa moraine profonde, on voit que cette moraine est liée au comblement étalé en avant de la tranche terminale, suivant la même pente, le même profil transversal, et d'une manière tellement intime qu'il est impossible d'apercevoir une solution de continuité, un point de contact de deux dépôts qui seraient d'origine différente, l'un *glaciaire*, l'autre *alluvien*.

En avant du glacier de l'Unter-Aar, la nappe de comblement s'étend de la tranche terminale jusqu'au premier étranglement de la vallée, sur une étendue de plusieurs kilomètres, et, quoiqu'elle soit sillonnée par les canaux d'écoulement des diverses branches du torrent, elle reste dans son ensemble parfaitement réglée suivant une ligne de pente uniforme d'une extrémité à l'autre et de niveau transversalement. Sa régularité n'est pas interrompue aux abords des massifs des rochers polis et striés qui surgissent sur deux points différents et qu'elle contourne en dessinant à leurs bases des courbes sensiblement de niveau et très-légèrement inclinées, sans renflements et sans dépressions.

Cependant, il serait peut-être encore possible, si l'on n'avait d'autres preuves, de considérer cette nappe extérieure comme un dépôt différent de la moraine profonde, formé à ses dépens, ou en grande partie de matériaux entraînés et déposés par les eaux de l'Aar et de ses affluents ; mais au glacier du Rhône, sur un espace de plusieurs centaines de mètres en aval de la tranche terminale, on retrouve une série d'anciennes moraines frontales séparées les unes des autres, reposant sur une nappe dont l'origine ne saurait être douteuse et qui forme non-seulement le prolongement de la moraine profonde actuelle, mais du comblement existant bien au-delà de la moraine frontale la plus avancée. En effet, ou la nappe entière est un dépôt alluvien antérieur à la formation des moraines frontales qu'il supporte, ou une moraine profonde recouverte par des accumulations de matériaux abandonnés par le glacier au moment où il diminuait.

Mais entre les enceintes *a b c d e* (*fig. 9, pl. 12*), on ne remarque aucun relèvement dans le plan incliné *x y* tangeant à la surface de la moraine actuelle *x x'*, et à celle du comblement *y' y*. Or, pendant que le glacier déposait sa moraine frontale au point *e*, il reposait, comme aujourd'hui et comme toujours, sur une moraine profonde qui ne pouvait être que le dépôt *x x''* réglé suivant une pente uniforme à l'amont et à l'aval des enceintes successives et en retraite *d c b*, aussi bien que sous la moraine actuelle *a* et sous le glacier *g l*.

Si donc, entre les points *y' y*, on voulait voir un comblement alluvien, assurément il faudrait nécessairement supposer qu'il était antérieur aux dépôts glaciaires, puisqu'il n'a pu se former ultérieurement, attendu qu'il est recouvert par ces dépôts ; que sa régularité peut être attribuée à l'action glaciaire pendant la période d'extension ou de diminution ; enfin que le glacier a réglé la surface de ce comblement, *en y*

ajoutant ou sans y ajouter sa moraine profonde. Il faudrait alors admettre à sa surface *y' y*, c'est-à-dire en dehors du domaine et de la région des glaciers actuels, une moraine profonde, sauf à rechercher plus tard les limites du dépôt alluvien inférieur, ou considérer le dépôt comme exclusivement alluvien, puisqu'on ne remarque entre les points *x x''* ni surélévation, ni changements dans la pente *y' y* réglée uniformément entre les points extrêmes *x y*, et dans ce dernier cas concevoir un glacier entièrement dépourvu de moraine profonde, et s'égarer dans de stériles hypothèses que les faits observés permettraient de réfuter victorieusement.

Les moraines profondes sont interrompues sur les plans trop fortement inclinés, sur les flancs des rochers que les glaciers franchissent. On conçoit en effet qu'un revêtement de galets et de boue humide ne peut s'appliquer et se fixer sur une tranche abrupte et élevée lorsque la glace doit descendre un escarpement; ainsi, dans les conditions de la *fig. 2, pl. 12*, représentant un point de la rive gauche du glacier de Zermatt, il y a toujours entre la glace et le rocher un vide dans lequel les matériaux poussés jusqu'au point *a* tombent et s'accumulent, et quand bien même ils y parviendraient en quantités suffisantes pour le combler entièrement, leur masse s'affaisserait dès que le glacier viendrait à diminuer.

Les matériaux dont se composent ces nappes proviennent, ainsi que je viens de le dire, presqu'exclusivement des moraines superficielles et des éboulements latéraux. Avant de s'engager sous la face inférieure des glaciers, ils sont complétement ou imparfaitement frottés, arrondis et polis, mais ils offrent tous des traces de l'action glaciaire; les uns ont la forme d'ovoïdes ou de sphéroïdes, d'autres ont des faces planes et polies et sont recouverts de stries. Sous la glace ils continuent à subir des pressions et des frottements considérables; ils s'usent, s'écrasent et se réduisent en sables ou en détritus, éléments de la boue entraînée par les torrents.

La couche superficielle des moraines profondes étant profondément détrempée, les galets peuvent plus facilement se déplacer, rouler et s'arrondir que pendant leur trajet le long des parois encaissantes; aussi perdent-ils assez promptement et presque toujours leurs stries et prennent-ils un poli moins vif sous l'influence de la boue liquide dans laquelle ils sont en quelque sorte plongés; mais ces mouvements exclusivement superficiels cessent de se faire sentir inférieurement, et la plupart des galets enfoncés par la pression au-dessous de la première

couche mobile se conservent sans altération, sans modifications, tout en se recouvrant d'un enduit boueux, qu'ils perdent aussitôt qu'ils sont lavés et charriés par les courants, et dont la conservation nous servira à reconnaître sûrement les remblais exécutés par les glaciers.

Les moraines profondes formées et alimentées par des additions successives de matériaux amenés, répandus et en quelque sorte réglés par couches successives, n'ont pas cependant une *structure stratiforme;* elles seraient évidemment stratifiées si les galets, les sables et la boue y parvenaient séparément. Mais une division par couches distinctes ne saurait s'établir dans les remblais constitués par des accumulations de matériaux mélangés dans des proportions qui ne sauraient beaucoup varier et qui, détrempés et comprimés, finissent par former des masses dans lesquelles on rechercherait inutilement les traces d'une véritable stratification.

Outre les galets arrondis et frottés, on observe dans les moraines profondes des débris de roches sur lesquels on n'aperçoit aucune trace de frottements, ayant des angles vifs et des surfaces raboteuses, et dont la présence dans ces dépôts pourrait, d'après ce qui précède, paraître une inexplicable anomalie; mais ces débris sont fournis par les moraines superficielles qui s'étalent à la surface des glaciers et viennent à leurs extrémités former les moraines frontales dont nous allons bientôt nous occuper. Après avoir cheminé sans être soumis à l'action des frottements, ils tombent sur les moraines profondes, ils y pénètrent et s'y enfouissent lorsque les glaciers progressent et refoulent les moraines frontales; leur présence dans les nappes glaciaires est un fait caractéristique qu'il était important de noter et dont on n'a pas d'exemple dans les accumulations véritablement *alluviennes*, dans les remblais transportés et déposés par les eaux courantes.

Les glaciers n'ont pas toujours été enfermés dans leur région actuelle; mais ils en ont franchi les limites à une époque reculée, ils se sont répandus au loin en envahissant des systèmes de montagnes moins élevées que les Alpes, et sur les cimes desquelles la neige et la glace ne sauraient plus persister indéfiniment aujourd'hui, et ils ont recouvert les plateaux et les vallées inférieures pendant une longue suite de siècles.

Comme on a pu le voir dans les chapitres précédents, ils laissent sur le sol qu'ils touchent[1] des traces de leur puissante action, et ils

[1] A une certaine altitude.

le recouvrent de dépôts qui se distinguent parfaitement des accumulations résultant de la désagrégation, de la chute des masses minérales ou des déjections ou des alluvions des torrents et des rivières; aussi leur ancienne extension, considérée il y a quelques années comme une vague hypothèse, est-elle aujourd'hui admise et démontrée de la manière la plus formelle par des preuves incontestables: des roches moutonnées et striées, des blocs polis ou anguleux, d'immenses moraines latérales et frontales et des nappes profondes composées de galets et de boue glaciaire, formes, arrangements et produits parfaitement caractéristiques.[1]

Nappes de comblement.

H. 40. J'ai cherché, le premier je crois, à démontrer l'existence des moraines profondes en dehors des limites de la région des glaciers en activité, et à une époque où les *nappes de comblement*, au-delà des moraines frontales les plus avancées, ou des dépôts extrêmes des blocs erratiques, étaient encore considérées comme des *alluvions*, ou plutôt comme des *dépôts diluviens* formés sous l'influence de courants extraordinaires soit antérieurs aux glaciers, soit alimentés par leur fonte progressive ou subite.

Sans m'arrêter aux différents détails dans lesquels j'ai dû entrer à cet égard, et qu'on pourra retrouver dans une série de Mémoires sur les formations erratiques des Vosges, des vallées du Rhin, de l'Aar, du bassin du Pô, etc.[2], je vais indiquer aussi sommairement que je le pourrai les caractères de ces comblements que j'ai rapportés et que je continue à attribuer à l'action des anciens glaciers.

L'étendue des terrains envahis par la glace dès le commencement de la période quaternaire, puis successivement abandonnés et mis à découvert, est certainement loin d'être connue, même dans les contrées voisines des Alpes et arrosées par les cours d'eau sortant de ces montagnes. Ainsi, d'après les travaux de **MM. Guyot** et **Escher de la Linth**, le grand glacier du Rhin se serait arrêté dans les environs de Schaffhouse; ceux du versant oriental n'auraient pas dépassé Ivrée et Rivoli, et le glacier du Rhône n'aurait occupé que les portions su-

DA. [1] Toutes ces preuves incontestables prouvent l'extension des glaciers d'une certaine époque, qui n'était pas le maximum de leur extension.

H. [2] **H. Hogard.** *Coup-d'œil sur le terrain erratique des Vosges, 1848*; et *Mémoires sur les comblements de la vallée du Rhin, de Bâle à Bingen; — de la vallée du Rhin postérieur; — du bassin du Pô; — de la vallée de l'Aar; — sur le diluvium indiqué à la base des dépôts erratiques*; — *sur le comblement de la vallée de la Meuse, etc.* — Voyez *Phénomènes erratiques*, T. III.

périeure et moyenne de cette grande vallée; enfin quelques auteurs ont pensé que dans la Forêt-Noire et dans les Vosges les glaciers étaient restés enfermés dans les hautes vallées de ces deux chaînes, tandis que j'ai considéré toutes les nappes de comblement du Rhin, du Rhône et du Pô comme des *moraines profondes* indiquant une extension bien autrement considérable des anciens glaciers.[1]

A l'appui de mon opinion, j'ai cherché à réunir des faits et des preuves contre lesquels je n'ai entrevu jusqu'ici aucune objection sérieuse de la part des partisans de la théorie diluvienne qui certainement ont exposé avec beaucoup d'art et de talent des hypothèses très-ingénieuses sans doute, mais qui toutes viennent inévitablement se heurter contre de grandes improbabilités physiques. Pour le comblement du Rhin, par exemple, lorsqu'on voit des galets roulés à 222 mètres au-dessus du niveau de la plaine, sur les coteaux de Mulhouse, et lorsqu'en même temps on retrouve çà et là des accumulations de *Lehm* déposé dans des eaux calmes et profondes, si l'on admet un courant assez puissant pour charrier ces galets, on arrive à des résultats vraiment incroyables; ainsi on trouve que le Rhin touchant à la côte 445 et gonflé de 222 mètres aurait eu 15 mètres de vitesse par seconde, et qu'il aurait débité une quantité de 4,121,280,000,000 mètres cubes d'eau par jour, suffisante pour recouvrir d'une lame d'eau de 10 mètres de hauteur, 41 millions d'hectares par 24 heures; tandis que le Rhône et le Pô et les diverses rivières sortant des Alpes, plus fortement gonflés encore, à en juger d'après le relief du sol et l'étendue des terrains superficiels, auraient fourni des masses d'eau bien autrement prodigieuses.

Aussi, en attendant qu'on parvienne à retrouver les *sources inconnues* de ces grands courants diluviens, de ces débâcles imaginaires pour transporter dans les plaines *de la boue et des menus galets*, je m'abstiendrai de reproduire les considérations que j'ai présentées ailleurs à cet égard, et je reviens immédiatement à l'étude des comblements erratiques ou des moraines profondes anciennes.

En avant de la plupart des glaciers en activité, les moraines pro-

[1] La limite des roches moutonnées, polies et striées en hautes régions, et la limite des matériaux erratiques dispersés sur le sol, sont des preuves d'une grande extension des glaciers d'autrefois; mais ce ne sont pas les limites des glaciers monstres, se couvrant toutes les crêtes et tous les pics des Alpes, ne pouvaient transporter des matériaux sur leur dos, et certes ne pouvaient déposer que des moraines profondes, [illegible]

fondes débordent les tranches terminales et s'étalent sous forme de nappes régulières supportant les moraines frontales, les dépôts d'éboulement et les déjections des torrents; elles se retrouvent au-delà de la région des glaciers, par étages successifs séparés par les defilés où elles n'ont pu se fixer, et enfin elles constituent ces immenses comblements des basses vallées que l'on considère généralement encore comme des lacs desséchés.

Ces moraines, soit encore recouvertes par la glace, soit récemment ou très-anciennement mises à nu, offrent, dans toutes leurs parties indistinctement, les mêmes caractères, des dispositions identiques et des matériaux dont l'arrangement, les formes et la distribution révèlent la cause qui seule a pu présider à leur formation. Elles sont réglées longitudinalement, suivant des lignes de pente d'une parfaite régularité, sans renflements ni dépressions, et transversalement leurs surfaces se raccordent soit à des lignes droites de niveau d'un côté à l'autre des vallées, soit à des plans légèrement inclinés vers l'une ou l'autre des rives ou vers le milieu du bassin.

Les matériaux qui les composent sont des galets plus ou moins volumineux, des *sables* et de la *boue glaciaire* formant des accumulations souvent très-puissantes, dans lesquelles on n'aperçoit pas de séparations marquant des étages successifs, des couches distinctes, soit de sable, soit de boue ou de galets, indiquant ces intermittences, ces variations que l'on remarque dans tous les remblais alluviens ou d'éboulement; entassés confusément sans aucun triage, ils constituent des masses évidemment élevées lentement, et par une cause agissant sans cesse avec la même énergie sur tous les points à la fois, et n'ayant pas comme les cours d'eau la propriété de classer les matériaux soumis à son action par ordre de grosseur ou de pesanteur spécifique.

Des galets souvent très-petits, souvent volumineux et mêlés de blocs, s'y rencontrent à toutes les hauteurs, et toujours revêtus d'un enduit boueux qu'ils auraient perdu en roulant quelques instants seulement dans des courants assez rapides pour les entraîner ou pour les déplacer. Ces galets sont *généralement arrondis et polis*, aussi leur donne-t-on généralement la désignation de *cailloux roulés* et sont-ils considérés comme des témoins irrécusables de l'action des eaux. Mais les eaux n'ont pas seules la propriété d'arrondir et de polir les débris de roches qu'elles déplacent ou transportent; les glaciers l'ont aussi, et si l'on compare les accumulations de débris erratiques des Alpes aux déjections ou aux alluvions torrentielles, on s'aperçoit que ces

dernières ne constituent même qu'une faible partie des terrains superficiels renfermant des galets ou des cailloux roulés.

Cependant la présence de cailloux roulés dans les nappes profondes pourrait encore laisser quelques doutes sur l'origine de ces dépôts, si l'on n'y observait d'autres caractères essentiels révélant clairement leur origine, tels que l'enduit boueux de ces cailloux et leur mélange avec des *galets anguleux* de roches provenant des mêmes localités et ayant parcouru les mêmes trajets.

Les eaux usent les aspérités des débris de roches, elles les polissent, et en les faisant rouler dans leurs lits, elles finissent par les convertir en boules sphéroïdales ou ellipsoïdales et même en galets aplatis, ainsi qu'on peut le vérifier en observant les dépôts qu'elles remanient ou qu'elles exécutent journellement. Mais ces galets n'acquièrent ces formes qu'après un certain temps et un certain trajet, et à mesure qu'on se rapproche de l'origine du cours d'eau, on s'aperçoit que les formes anguleuses deviennent de plus en plus fréquentes, dégradation qu'on n'observera pas dans les nappes erratiques offrant à leur origine même, aussi bien qu'à de grandes distances, des galets parfaitement arrondis et polis.

Deux galets de même grosseur provenant d'un même rocher du cirque du Grimsel, par exemple, et transportés par l'Aar jusque dans le bassin du Rhin, puis par le Rhin jusque dans la grande plaine d'Alsace, auraient nécessairement, après un aussi long parcours, acquis sensiblement la même forme, puisqu'ils auraient simultanément suivi la même route et subi, vraisemblablement du moins, les mêmes vicissitudes ; dans tous les cas, arrivés au même terme de leur course, l'un ne saurait conserver ses arêtes, ses aspérités, ses angles saillants vifs ou à peine émoussés, tandis que l'autre serait converti en un cailloux parfaitement arrondi et poli : différences que cependant les galets de même provenance offrent continuellement entre eux, dans toutes les parties des nappes erratiques où ils se trouvent disséminés.

Les dépôts formés par les eaux prennent une inclinaison qui varie suivant la nature des matériaux transportés et la puissance des courants ; les blocs les plus lourds se déposent d'abord, et aussitôt que la vitesse diminue, ils constituent des zones rayonnant autour d'un centre situé dans l'axe des goulots d'écoulement, des cônes de déjection.

Les courants agissant sur des amas de sables et de galets qu'ils peuvent attaquer, entraîner et déplacer, créent dans leurs lits des

proéminences de formes très-surbaissées que l'on nomme bancs ou îles (*fig. 5, pl. 12*), ayant à l'amont des pentes très-douces, généralement inférieures à un degré et se terminant à l'aval par des talus rapides de 25 à 35 degrés[1]. Les cailloux remontent doucement le plan faiblement incliné pour arriver à l'arête de la portion des deux surfaces qui plongent en sens inverse; alors ils tombent et sont bientôt recouverts par d'autres cailloux qui suivent la même marche (*fig. 6*).

Quand le banc ou l'île est composé de cailloux à sa partie supérieure, leurs dispositions présentent un trait frappant, particulièrement à l'amont du banc; ils sont imbriqués les uns sur les autres à la manière des écailles de poisson ou des tuiles d'un toit.... Cette disposition ne s'obtient pas dans toute l'épaisseur d'un banc correspondant à une crue unique, mais elle se montre à différentes hauteurs (*fig. 7*).

Enfin les bancs présentent des lits d'accroissements successifs qu'on reconnaît facilement, car la surface d'un banc est toujours formée de graviers bien purgés, de sables et de menus cailloux; tandis qu'au contraire le gravier situé au-dessous de cette couche superficielle, qui a été lavée, est toujours fort mélangé de menus débris; et les sables, se déposant suivant des pentes très-faibles, forment des nappes à surfaces courbes, offrant des dépressions et des rides sans nombre qui se conservent et se retrouvent dans toute l'épaisseur des depôts et impriment aux séparations des lits d'accroissement ces ondulations et ces entrecroisements propres à toutes les formations arénacées (*fig. 8*).

Mais dans les moraines profondes on ne remarque aucune trace de ces séparations de couches, de cette distribution de galets, et surtout d'un mouvement plus ou moins violent dans des courants, dans des eaux plus ou moins profondes qui auraient favorisé le triage des matériaux; aussi la confusion entre ces divers dépôts ne paraît-elle plus possible, et si l'on tient compte des observations qui précèdent, on parviendra facilement à les distinguer et à les séparer, malgré l'apparente identité de leur composition, en observant les différences essentielles qu'ils présentent toujours dans l'arrangement et la distribution de leurs matériaux.

A cet effet, j'ai résumé dans le tableau suivant leurs différences, leurs analogies et leurs caractères essentiels.

1. M. Daubrée. *Observations sur les alluvions anciennes et modernes du bassin du Rhin; Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Strasbourg*, T. IV. — Voyez *Phénomènes erratiques*, T. III.

H. 41. **Dépôts alluviens.**

Ils sont composés de blocs, de sables, de galets, de détritus et de boue.

Les matériaux anguleux sont graduellement usés, polis et arrondis plus ou moins parfaitement, en raison de la durée ou de la longueur des trajets parcourus. A mesure qu'ils s'éloignent des points de départ, le nombre des galets anguleux diminue graduellement et ils finissent par disparaître entièrement à une certaine distance.

Ces matériaux forment des amas disposés en nappes à surfaces courbes, offrant des zones et des bourrelets, ou des cônes plus ou moins inclinés dont les sommets sont tournés à l'amont.

Les blocs les plus volumineux indiquent la direction des veines fluides; ils s'arrêtent sur les arêtes supérieures des cônes. Les matériaux moins volumineux sont poussés plus en avant, ou se répandent latéralement; les sables et les détritus sont entraînés au loin et peuvent former des nappes diluviennes horizontales ou peu inclinées.

Dans les courants, les amas de sables et de galets se disposent en bancs ou îles ayant à l'amont de faibles pentes et dépassant rarement un degré, et à l'aval des talus inclinés de 25 à 35 degrés.

Du côté d'amont, les galets sont imbriqués et disposés comme les tuiles d'un toit : à l'aval ils tombent et forment des accumulations irrégulières aux pieds des talus.

Les accroissements successifs sont marqués par des bancs ou couches alternatives de sables et de menus graviers, séparées par des lits de galets imbriqués, et ces galets sont toujours parfaitement lavés.

Enfin, ces dépôts sont *stratifiés* et ils *recouvrent toutes les formations indistinctement.*

Moraines profondes.

Elles sont composées de blocs, de sables, de galets, de détritus et de boue.

Ces matériaux sont usés, arrondis, polis, et *souvent striés*, sur place, aussi parfaitement qu'à de grandes distances : ils offrent souvent des faces planes et des formes polyédriques et ils sont associés à des matériaux bruts; anguleux ou à peine frottés, dans toutes les parties des nappes indistinctement et à toutes les profondeurs.

Ils forment des amas à surfaces parfaitement dressées, suivant des plans légèrement inclinés, sans dépressions, sans bourrelets ou ondulations.

Ils sont mélangés sans ordre; on n'y remarque ni triage, ni divisions par couches distinctes, ni lits d'accroissements successifs. Des blocs volumineux, des galets de diverses grosseurs sont comme *noyés* dans les sables et les menus matériaux mêlés à la boue glaciaire dont les galets et les blocs sont enduits.

On n'y voit pas de traînées de blocs ou de galets indiquant des mouvements de progression ou de translation plus ou moins violents.

Enfin, ces dépôts ne *sont pas stratifiés*, et ils sont *inférieurs* à tous les autres *dépôts superficiels.*

Dépôts alluviens.
Moraines profondes.

Ainsi, ces dépôts sont parfaitement distincts, et si les matériaux dont ils se composent venaient à se souder, on trouverait dans les uns

des alternances de couches de sables argileux, de sables purs ou mêlés de menus graviers, de galets ou de blocs; et dans les autres des conglomérats ou poudingues en masses non stratifiées offrant un mélange confus de matériaux roulés et anguleux.

Mais, si les matériaux des moraines profondes ne sont pas classés par zones et triés par ordre en raison de leurs dimensions, ils sont cependant distribués par lignes ou par bandes dirigées parallèlement aux cours des vallées au fond desquelles on les retrouve, ainsi qu'on l'a vu précédemment; et ces bandes de matériaux différents *juxtaposées ou superposées* sont toujours distinctes, tandis que dans les dépôts alluviens on remarque, sur un point quelconque, une collection complète de tous les matériaux entraînés et roulés dans les goulots d'écoulement, rejetés indistinctement et confusément entassés dans les nappes ou dans les cônes de déjection.

Ces différences, non moins essentielles que celles qui ont été indiquées dans le tableau ci-dessus, compléteront la série des caractères propres aux moraines profondes dont je vais rechercher les traces et les limites; mais avant d'aller plus loin, il n'est peut-être pas inutile de rappeler une disposition particulière que prennent les moraines profondes dans certaines circonstances et qu'elles conservent après la retraite des glaciers qui les ont formées.

Ainsi qu'on l'a vu, chapitre IX, les glaciers déposent leurs moraines profondes non-seulement dans le fond des vallées, mais encore contre les parois encaissantes, et ils les recouvrent de revêtements qui peuvent s'y fixer lorsque les plans inclinés n'ont pas de trop fortes pentes. Dans une vallée dont la coupe serait représentée par la *fig. 10, pl. 12*, les flancs *a* et *b*, aussi bien que le fond du bassin *c*, seraient entièrement couverts d'un dépôt plus ou moins épais de sables, de galets et de boue comprimés et à surfaces planes ou courbes dressées par le glacier *g l*. Dans la coupe (*fig. 11*), le dépôt inférieur s'étendrait sur tous les plateaux *a a a a*, dans tous les plis des terrains envahis *b b b;* enfin dans la coupe (*fig. 12*), après la diminution du glacier, la moraine profonde, réglée au fond de la vallée *c*, et sur les plateaux *a a*, ne pourrait se maintenir sur les pentes abruptes des parois *b b*, dont les revêtements tomberaient en formant à leurs pieds des nappes ou des bourrelets latéraux *d d* recouvrant le comblement inférieur *fig. 14*). Dans ce cas, la moraine profonde se dispose en deux ou en plusieurs étages successifs que l'on pourrait, au premier aspect, considérer comme les traces ou les ruines d'un ancien comblement atta-

qué ensuite et morcelé par l'action de quelques courants extraordinaires; mais cette hypothèse ne saurait être sérieusement soutenue.

En effet, en admettant un comblement élevé d'abord jusqu'au niveau de la ligne *x y* (*fig. 13*) et corrodé ensuite par un courant, les affouillements ne sauraient se produire également et par tranches parallèles sur la largeur entière du comblement; les eaux, suivant la direction de la veine fluide, s'ouvriraient un lit qu'elles élargiraient, qu'elles approfondiraient et modifieraient continuellement. Les berges ne pouvant, en raison de la constitution du dépôt, se maintenir verticalement, prendraient des talus inclinés vers le thalweg et formeraient des terrasses *a b* (*fig. 15*), bien différentes des revêtements ou nappes inclinées indiquées *fig. 10*, et le fond du lit *c* serait hérissé de proéminences supérieures par des canaux sinueux, comme les lits de tous les torrents coulant sur des dépôts de sables et de graviers, loin de présenter un plan à surface régulière.

Si le cours d'eau, contrairement aux lois, aux conditions habituelles de l'écoulement et au régime des courants, avait une force égale au centre et sur les rives, et s'il était capable de déblayer la surface du dépôt et d'en réduire l'épaisseur en enlevant des couches successives, les parois *d* et *c* (*fig. 1, pl. 13*) seraient mises à nu et dégagées des revêtements que l'on remarque dans la *fig. 15* et qui sont composées de couches appliquées de sables et de menus matériaux que les eaux ont toujours la propriété de détruire, mais que, dans aucun cas, elles ne sauraient ni former, ni maintenir dans les conditions où nous les retrouvons sur les plateaux ou sur les flancs des vallées.

Enfin, si la masse des eaux, après avoir creusé un lit *a b* dans un comblement primitivement nivelé de *c* en *d* (*fig. 13, pl. 1*) diminuait graduellement et de manière à occuper successivement les sections *e f*, *g h*, le dépôt serait morcelé, distribué en plusieurs étages, les uns *c a* et *b d* ayant leurs surfaces parfaitement unies, et les autres offrant toutes les irrégularités qu'on remarque dans les lits encombrés de bancs ou d'îles de sables ou de galets qu'on a quelquefois bien à tort considérés comme des terrasses parallèles d'érosion, disposition que les comblements glaciaires peuvent seuls prendre et conserver.

Lorsque plusieurs glaciers se réunissent et viennent occuper le fond d'une vallée, leurs moraines profondes restent distinctes, quoique réunies dans une seule et même nappe; et si ces glaciers, sortant des vallées principales auxquelles ils semblent exclusivement appartenir,

eu égard à la configuration et au relief du terrain, viennent à se répandre sur des contrées voisines, ils y laissent des comblements nettement séparés, dont les contours visibles et bien déterminés permettent, après leur retraite, de constater l'origine, la direction, la marche, les oscillations et l'extension extraordinaires de ces glaciers ; et c'est en étudiant cette distribution propre aux dépôts glaciaires, les groupes séparés des diverses roches qu'ils renferment, que déjà avant 1844, **M. Guyot** avait préparé une carte indiquant les anciens bassins erratiques de la Suisse, entre les Alpes et le Jura, au nombre de six et dans les limites suivantes (voir la carte, *pl. 35*).

Anciens bassins erratiques de la Suisse, etc., les Alpes et le Jura, par **M. Guyot.**

H. 42. 1° *Bassin de l'Arve*, occupé autrefois par les glaciers du revers occidental du Mont-Blanc et des deux versants de la vallée jusqu'au Mont-Salève.

2° *Bassin du Rhône*, réunion des glaciers de la haute vallée du Rhône, des versants des chaînes de l'Oberland Bernois, des Alpes du Valais, du Simplon, du Monte-Rosa, du Mont-Blanc et des montagnes dominant les vallées de la Drance, recouvrant tout le bassin du Léman, se développant par-dessus le Saarnen par Berne, jusque dans les vallées de l'Aar vers Aarburg, et la chaîne du Jura par-dessus les lacs de Bienne et de Neuchâtel.

3° *Bassin de l'Aar*, comprenant les glaciers de cette vallée, du revers nord du massif de la Jungfrau et du Simmenthal, joignant le grand glacier du Rhône à Berne, se terminant en pointe vers Aarburg et fournissant un affluent franchissant le Brunig et s'étendant dans la direction de Saarnen.

4° *Bassin de la Reuss*, comprenant les glaciers du Saint-Gothard, d'Unterwald, du Rigi, et venant se terminer dans le bassin de l'Aar, entre Aarburg et Baden.

5° *Bassin de la Linth*, occupé par les glaciers du canton de Glaris, de Schwyz et de Saint-Gall, joignant le bassin de l'Aar, de Baden à Eglisau.

6° Enfin, *le bassin du Rhin*, occupé par les glaciers des Grisons, de l'Albula, d'Appenzell, de Saint-Gall, de Thurgovie, recouvrant le bassin de Constance et toute la contrée comprise entre Wangen (Würtemberg) et Eglisau.

Ces limites, généralement exactes, ont été complétées et modifiées sur quelques points par **M. Escher de la Linth**, qui indique comme limites entre ces bassins, savoir :

Olten pour le bassin du Rhône.

Berne et Burgdorf pour le bassin de l'Aar.

Une oscillation des glaciers du Rhône et de la Reuss sur la contrée comprise entre OEnsingen, Aarwangen, Zofingen et Aarburg.

Une oscillation des glaciers du Rhin et de la Linth, entre Baden et Zurzach, et qui établit la limite extrême générale d'extension suivant la chaîne du Jura et l'Aar, et dans le bassin du Rhin à Zurzach.

Enfin, d'après les indications déjà anciennes de **M. Guyot** et récentes de **MM. Martins** et **Gastaldi**, les limites des dépôts erratiques du revers oriental seraient marquées par les moraines frontales des lacs Majeur et de Garda, d'Ivrée et de Rivoli; et au-delà de ces enceintes marquant les stations extrêmes supposées des anciens glaciers, les comblements sont considérés comme des dépôts diluviens formés par des courants beaucoup plus puissants que les cours d'eau actuels.

S'il en était ainsi, on devrait évidemment remarquer une séparation entre ces dépôts rapportés à deux formations différentes, successives ou contemporaines, et pour éviter toute erreur, il faudrait indiquer les caractères essentiels des uns et des autres, comme on l'a fait pour tous les autres terrains. Certes, il ne nous a pas été donné de voir nos contrées couvertes par les eaux de la mer ou partiellement émergées et occupées par de grands lacs d'eau douce, et cependant on sait parfaitement distinguer les formations moraines des formations d'eau douce, souvent entremêlées d'une manière remarquable au moyen des fossiles marins et lacustres, témoins irrécusables du passage et du séjour des eaux dans lesquelles ils ont vécu. A l'égard des dépôts superficiels, et à défaut de fossiles, on doit trouver d'autres témoins des causes sous l'influence desquelles ils se sont produits et des preuves des inondations ou de l'extension extraordinaire des glaciers sur des contrées que les eaux ne sauraient plus atteindre et que la glace a cessé de recouvrir : témoins et preuves que tant de recherches ont fait connaître et qui ne permettent plus d'appliquer arbitrairement et sans examen les qualifications de *diluviens* aux dépôts formés par les glaciers, ou de *glaciaires* à ceux que les eaux seules ont la propriété de former.

En faisant l'application des résultats des observations faites jusqu'ici, j'ai essayé de démontrer que toutes les nappes de comblement des vallées des Alpes et des bassins arrosés par les cours d'eau sortant de ces montagnes étaient les *moraines profondes des anciens glaciers* plus ou moins profondément entamées et bouleversées par les eaux; et à cet égard, ou j'ai entrevu la vérité en faisant une juste appréciation des causes d'après les effets produits, ou j'ai commis une

grande erreur que je me hâterai de reconnaître aussitôt que le concours des eaux dans le transport et dans la distribution des matériaux de ces nappes me sera démontré.

Mais, en attendant une solution contraire à celle que j'ai donnée, je vais rappeler sommairement les considérations que j'ai développées ailleurs à l'appui de mon opinion.

Comblement de la vallée du Rhin.

H. 43. Le comblement de la vallée du Rhin au-dessous de Bâle est divisé en trois étages parfaitement distincts : l'inférieur composé de sables, de graviers et de cailloux d'origine *exclusivement alpine;* l'étage moyen composé aussi de sables, de graviers et de cailloux provenant des Vosges sur la rive gauche, et de la Forêt-Noire sur la rive droite; enfin le supérieur formé de *Lehm* provenant principalement des Alpes.

Pour expliquer le transport et la séparation des matériaux dont se composent ces dépôts, on a admis qu'une action diluvienne violente avait eu d'abord son origine dans les Alpes, et qu'elle avait seule et exclusivement dominé pendant une longue période de siècles, à en juger par l'immensité du dépôt alpin compris entre Bâle et Bingen, les Vosges et la Forêt-Noire seulement.

Un grand courant, débouchant dans le bassin du Rhin avec une vitesse de 14 mètres par seconde et débitant près de cinquante millions de mètres cubes d'eau dans le même temps, aurait pu, s'il était chargé d'une masse suffisante de matériaux, y entraîner journellement des masses de remblais; mais encore, pour recouvrir près de huit cent mille hectares de ce bassin d'une nappe d'une épaisseur considérable, eût-il fallu une certaine suite de siècles. Et en admettant que ce temps ait été aussi restreint que possible et que des débris de roches amoncelés à l'avance dans les hautes vallées, ou se détachant continuellement des montagnes en quantités suffisantes, aient permis au comblement de se produire avec une activité extraordinaire, on conçoit qu'un aussi vaste dépôt n'a pas été formé d'un seul jet.

Pendant qu'il se produisait, les Vosges et la Forêt-Noire devaient être entièrement dépourvues de cours d'eau, ou si elles en avaient, ils n'entraînaient aucuns débris dans le bassin sur les rives duquel ils se trouvaient arrêtés par le grand courant ou par un obstacle quelconque; puis le comblement alpin étant terminé, le Rhin extraordinairement réduit, cessant de transporter des matériaux, se serait creusé un lit profondément encaissé; tandis que les cours d'eau des chaînes latérales auraient commencé à charrier des sables, des graviers et des galets et à constituer l'étage supérieur du comblement;

et enfin, ces cours d'eau cessant eux-mêmes d'agir, le Rhin serait revenu de nouveau inonder la plaine et la couvrir d'un puissant dépôt de *Lehm*.

Dans un bassin comme celui dont il est question, on comprendrait des alluvions simultanées produites par le cours d'eau principal et par ses divers affluents, une masse plus considérable de déjection formée par le courant le plus puissant; mais il faudrait une foi bien aveugle pour admettre sans preuves ces actions alternatives exercées en premier lieu exclusivement par le Rhin, en second lieu exclusivement par ses affluents, et finalement par tous les cours d'eau à la fois, quand on observe d'ailleurs tant de faits que ces ingénieuses hypothèses laisseraient sans explications.

Ainsi, les courants sortant des Vosges n'ont pas suivi, entre le pied de ces montagnes et le Rhin, le plus court chemin, la ligne de plus grande pente; la Thur, par exemple, ayant 30 kilomètres à parcourir entre Thann et Hombourg, sur une pente de 0,004 p. 100, s'est jetée dans l'Ill coulant d'Ensisheim à Schlestadt, sur une pente de 0,0006 p. 100, et longeant la chaîne des Vosges en suivant parallèlement le cours du Rhin.

Ces cours d'eau, retenus par de faibles obstacles dans les directions qu'ils conservent aujourd'hui, auraient dû cependant avoir assez de puissance pour s'en écarter et se creuser d'autres lits, s'ils avaient réellement transporté les matériaux constituant le deuxième étage du comblement. La Doller devait être extraordinairement gonflée pour franchir les vallons de la Largue et de l'Ill, des proéminences élevées, et remonter jusqu'à Bâle, où les galets de syénite du Ballon, que seule elle pouvait charrier, se trouvent associés aux galets alpins.

A l'aspect du terrain et du régime de la Doller, qui vient actuellement, à une faible distance de sa source, se perdre dans l'Ill au-dessous de Mulhouse, il n'est pas facile de s'expliquer comment, à une époque quelconque et avec un volume d'eau aussi considérable qu'on voudra le supposer, elle aurait pu prendre son cours vers l'amont jusqu'à Bâle, tandis que les bassins de l'Ill et du Doubs se trouvaient ouverts sur son passage, et pourquoi, au lieu de se jeter dans ces voies qui lui offraient un écoulement facile, elle aurait préféré franchir une barrière élevée de 150 à 200 mètres au-dessus du niveau de la plaine; aussi n'est-ce pas aux eaux ordinaires ou extraordinaires de cette rivière que j'ai cru devoir attribuer le transport des syénites du Ballon jusqu'aux buttes erratiques de Bâle.

Les comblements de la Forêt-Noire et des Vosges non-seulement sont nettement séparés des comblements alpins, à la surface desquels on n'observe ni érosions ni remaniements que des courants même très-faibles y auraient exécutés, mais ils n'offrent pas ces mélanges que les eaux auraient favorisés à partir de leurs confluents, soit avec l'Ill, soit avec le Rhin; d'un autre côté, les depôts alpins offrent les mêmes séparations, et ils se présentent dans un ordre extrêmement remarquable, qui certainement eût été troublé, quand même leur transport aurait été exécuté par des courants successifs.

Ainsi, entre Bülach, Kaiserstuhl et Zurzach, le dépôt du Rhin occupe le centre de la vallée, et il est bordé par le dépôt de la Linth qui s'appuie contre lui en se raccordant au même plan incliné et le sépare du comblement de l'Aar (*Pl. 13, fig. 2*); à l'amont de Bâle, le comblement exclusivement jurassique de la Byrse (*fig. 4*) se juxtapose au comblement alpin : relations qui rendent improbable l'hypothèse proposée pour expliquer la formation de l'étage inférieur du grand dépôt du bassin de l'Alsace. En effet si, à un moment donné, un courant assez puissant, ayant son origine dans les Alpes, avait seul envahi ce bassin en passant par-dessus les proéminences qui s'étendent de Bâle à Mulhouse, entre la plaine et la vallée de l'Ill, il devait être alimenté par les eaux de la Sarine, de l'Aar, de la Reuss, de la Linth et des divers affluents du Rhin, entraîner à partir de Waldshut, où tous ces cours d'eau se trouvent réunis, des matériaux charriés par ces diverses rivières et en opérer le *mélange* dans le goulot resserré qu'il devait franchir à l'amont de Bâle.

Mais je viens de le répéter, ce mélange n'existe nulle part et les comblements sont distincts, séparés.

Le Rhin seul aurait donc coulé d'abord; ses affluents seraient ensuite venus les uns après les autres compléter le comblement, et dans ce cas le dépôt se serait accru par additions successives de couches distinctes *superposées* et se présentant en séries qui permettraient de reconnaître l'ordre suivant lequel chaque courant aurait exclusivement agi. Mais ces dépôts sont *juxtaposés*, et quel que soit le développement des bassins d'où ils sont sortis, leurs surfaces raccordées au plan incliné du comblement n'offrent ni dépressions ni renflements indiquant des mouvements de translation plus faibles ou plus violents, et ils ont évidemment été formés et réglés simultanément sous l'influence d'une cause unique, puis partiellement recouverts de nappes provenant des Vosges et de la Forêt-Noire. Cette cause se

révèle en quelque sorte d'elle-même, d'après la nature des effets produits et observés.

En effet, nous n'avons à choisir qu'entre les deux agents qui seuls opèrent sous nos yeux des transports et des comblements et n'ont cessé d'agir suivant des lois invariables, et en présence des faits le choix ne saurait être douteux.

Des courants plus ou moins violents, et ils auraient eu une très-grande énergie pour franchir les proéminences dominant la plaine, auraient confondu leurs déjections et constitué des dépôts à surfaces irrégulières et mamelonnées, ou composées de couches distinctes et superposées, en agissant soit simultanément, soit successivement; tandis que des glaciers comblant le bassin du Rhin pouvaient y amener simultanément les matériaux alpins et en former une nappe comprimée, dressée suivant un plan d'une régularité parfaite, composée de bandes parallèles juxtaposées et sur laquelle les affluents des Vosges et de la Forêt-Noire sont venus ensuite étaler leurs moraines profondes; leur action est d'ailleurs formellement marquée par le mélange de cailloux roulés et anguleux, et surtout par la présence de la boue glaciaire enveloppant les galets ou mélangée aux sables et aux graviers dans toute la profondeur du comblement qui, n'ayant précédé ni suivi l'époque de la plus grande extension des glaciers, appartient évidemment à cette époque.

Les comblements des bassins du Rhin, du Rhône, du Pô, etc., étaient considérés comme des dépôts exclusivement diluviens, dans les hautes vallées aussi bien que dans les plaines éloignées des montagnes; et l'on n'avait pas encore songé à les ranger, même partiellement, dans les formations erratiques, lorsque pour la première fois j'ai cherché à démontrer qu'ils avaient été formés par des glaciers et non par des cours d'eau.

Dans les cirques élevés, dans es vallées de l'intérieur de la Suisse, et enfin dans les plaines de la Lombardie et du Rhin, les nappes offrent des caractères tellement identiques, des dispositions tellement constantes que je n'avais pas hésité à les rapporter à une seule et même formation et à une cause unique.

Aux abords des glaciers en activité, sous lesquels on peut étudier les moraines profondes encore recouvertes par la glace et les nappes abandonnées et s'étalant souvent assez loin en avant de leurs fronts, dans les cirques de l'Aar, du Rhône, de l'Allée-Blanche, par exemple, j'avais inutilement cherché une limite entre ces moraines et les com-

blements extérieurs exposés à l'action des torrents qui tendent à en détruire l'harmonie.

Ces comblements n'offrent pas de solution de continuité près de la glace sous laquelle ils se prolongent en se raccordant à la surface de la moraine profonde, suivant la même pente et formant avec eux des plans inclinés réguliers non-seulement jusqu'aux moraines frontales les plus avancées, mais au-delà, en passant sans inflexions sous les barrages extérieurs.

La régularité de la surface de ces nappes extérieures pourrait être attribuée à une extension ancienne ou récente des glaciers sur des alluvions exécutées par les eaux au détriment des déjections glaciaires. Mais lorsqu'on examine leur structure et leurs dispositions intérieures, on s'aperçoit immédiatement qu'elles n'offrent aucun des caractères des dépôts formés par les eaux ; des galets arrondis et polis sont associés à des galets anguleux, et ils sont noyés dans un mélange de sables et de boue glaciaire que des courants auraient infailliblement entraînés au loin ; ils n'ont été ni lavés, ni triés par ordre de volume, et leur transport a dû s'effectuer lentement et sans chocs, puisque souvent, comme on peut le voir dans le cirque de l'Aar, ils sont appliqués contre des surfaces de rochers recouvertes d'aspérités que des blocs, des galets et des graviers charriés dans des eaux rapides auraient usées et effacées ; et l'identité est tellement visible, tellement incontestable dans toutes les nappes continues ou disposées en étages successifs dans les vallées des Alpes, que déjà plusieurs observateurs, et récemment **MM. Martins** et **Gastaldi**, ont admis l'existence des moraines profondes jusqu'aux moraines frontales élevées à l'entrée du bassin du Pô, à Ivrée et à Rivoli, aux débouchés des vallées des deux Doires.

Cependant les comblements se continuant bien au-delà, aussi réguliers et aussi parfaitement dressés qu'à l'amont de ces barrages erratiques marquant des points de station des anciens glaciers, mais non leurs limites extérieures, il fallait ou les réunir aux dépôts glaciaires, ou les en séparer, et d'après des considérations plus ou moins spécieuses, on a rangé leurs prolongements parmi les formations diluviennes. Puis, comme la conservation des moraines frontales situées dans les hautes vallées et à l'entrée du bassin ne permettait plus comme autrefois d'admettre une fonte subite des glaciers et le passage de courants extraordinaires pendant la période de retraite, on a pensé que les comblements diluviens s'étaient produits antérieurement et

formaient un étage inférieur recouvert ensuite partiellement par les moraines profondes et terminales.

Comblement du bassin du Pô.

H. 44. Ainsi que je l'ai exposé dans mes observations sur le *comblement du bassin du Pô*, on ne remarque soit à la surface de la plaine, soit dans l'épaisseur du dépôt, aucune limite séparative de ces deux étages superposés. Les galets, les sables et les blocs mêmes se présentent dans les mêmes conditions, à l'aval aussi bien qu'à l'amont des immenses moraines d'Ivrée et de Rivoli, et toujours mêlés à la boue glaciaire, l'un des éléments essentiels des dépôts formés par les glaciers; le plan incliné, passant sous les barrages, se continue sans inflexions dans la plaine et sous des pentes extrêmement faibles, variant d'un quart de millimètre à un et deux millimètres, bien inférieures à celles de 2 centimètres et demi et même de 5 centimètres que prennent les déjections torrentielles composées d'un mélange de graviers et de blocs ayant, comme à Turin, 20 à 25 centimètres de diamètre et plus.

S'il n'existe pas de séparations, d'étages distincts dans ce vaste dépôt dont toutes les parties offrent le même aspect, c'est qu'évidemment il s'est produit sous l'influence d'une seule et même cause; et s'il renferme des blocs et des galets mêlés à la boue glaciaire, sa formation n'a pu précéder la période glaciaire; enfin on doit le considérer comme une moraine profonde, de Rivoli à Turin, et au-delà de toutes les moraines frontales d'Ivrée, de Côme, de Garda, jusqu'au pied de la colline bordant le Pô, et des Apennins, si, à l'amont de ces barrages, ses prolongements sont bien réellement des nappes erratiques.

Si les glaciers ne s'étaient pas répandus dans la plaine, on observerait à l'amont de leurs stations les plus avancées des relèvements plus ou moins prononcés, résultant de la superposition de leurs moraines profondes sur un comblement préexistant et distinct; on verrait alors dans le dépôt deux étages nettement séparés, l'inférieur ayant la structure et les pentes des déjections torrentielles et dépourvu de boue glaciaire, et le supérieur parfaitement réglé et renfermant exclusivement des galets façonnés par les glaciers et mêlés à cette boue. Mais ces différences et ces divisions n'existent nulle part, et il m'a été impossible de retrouver les traces d'un diluvium inférieur et par conséquent antérieur aux dépôts glaciaires.

La constitution des nappes et la distribution de leurs matériaux sont les seuls faits que l'on puisse invoquer pour prouver le séjour des glaciers dans la vallée inférieure du Rhin; mais dans le bassin

de la Lombardie, les glaciers ont laissé des témoins aussi irrécusables de leurs passages que les moraines terminales disséminées aux pieds des derniers contreforts des Alpes, et ils sont venus jeter des amas de galets polis ou striés, des blocs et de la boue sur les flancs et sur les crêtes de la colline de Turin bordant ce bassin sur la rive droite du Pô.

Les glaciers des vallées d'Aoste et de Suze ont donc dépassé les stations d'Ivrée et de Rivoli, et si la plaine de Turin était alors couverte de dépôts alluviens, ils en auraient réglé la surface en y ajoutant ou sans y ajouter leurs moraines profondes; dans le second cas, le comblement de la plaine différerait essentiellement et en totalité des nappes glaciaires d'Ivrée et de Rivoli, dont cependant on ne saurait le distinguer; tandis que dans le premier il offrirait partiellement et à sa partie supérieure seulement la même structure et les mêmes dispositions, et finalement il se diviserait en deux étages, dont il m'a été impossible, malgré toutes mes recherches, d'apercevoir les limites.

S'il existait des déjections diluviennes dans les bassins que les glaciers sont venus recouvrir et occuper pendant une si longue période de temps, à en juger d'après la puissance des dépôts qu'ils y ont laissés, ces déjections ont évidemment été remaniés et enfouies si profondément sous les moraines, qu'on n'en retrouve aucun trace à quelque profondeur que l'on parvienne en ouvrant des fouilles dans les comblements; et il est à présumer d'ailleurs qu'elles étaient dues à des causes locales et restreintes; dans tout les cas, elles ont entièrement disparu.

Quant à des nappes aussi puissantes que celles du Rhône, du Rhin, du Pô, que l'on suppose produites par de grandes débâcles, on vient de voir que l'on ne pouvait admettre le concours des courants dans le transport de leurs matériaux, et qu'à leurs surfaces, ainsi que dans toutes leurs parties fouillées et explorées, on remarquerait un ordre, une distribution et des caractères qui appartiennent exclusivement aux formations glaciaires. Les dépôts diluviens antérieurs, suivant de récentes hypothèses, seraient donc entièrement cachés sous des masses erratiques; aussi, avant d'en rechercher et d'en discuter l'origine et les causes, il me semble qu'on doit et qu'on peut attendre que l'on soit parvenu à en démontrer l'existence dans l'ensemble et à la base des formations superficielles de la terre.

L'eau agissant incessamment, on comprend que des dépôts alluviens ont pu se produire aux diverses époques géologiques et continuer à se

succéder avec ou sans intermittences, depuis le commencement de la période à laquelle nous appartenons.

Comblements à Wallenstadt — Zurich — Brientz — Thun etc.

H. 45. Aussi, indépendamment des déjections que les nappes erratiques sont *censées recouvrir*, on s'est vu souvent dans la nécessité d'admettre des alluvions beaucoup plus récentes pour expliquer la formation des portions importantes des comblements; ainsi, d'après quelques auteurs, les nappes qui séparent les lacs de Wallenstadt et de Zurich, de Brientz et de Thun, seraient des dépôts alluviens et diluviens formés par les eaux de la Linth et de la Lutschine.

Mais la nature des matériaux et leur distribution fait voir immédiatement que ces nappes ont une toute autre origine; et en effet, entre les deux premiers lacs, le comblement est composé, sur environ moitié de la vallée, par un dépôt ayant son origine dans la vallée de Glaris, et pour le surplus, sur sa droite, par des accumulations provenant des vallées de la Seez, de Sardona et du Rhin; et en admettant même qu'au moment où le transport de ces derniers a eu lieu le lac profond de Wallenstadt n'existait pas, on ne comprendrait pas comment des courants en confondant leurs eaux n'auraient pas opéré le mélange des matériaux charriés, et par quelle force l'affluent du Rhin aurait été maintenu sur la droite de la vallée de Zurich et repoussé jusque sur les hauteurs qui séparent cette vallée de celle de la Toss, entre Uznach et Bülach, en formant à la fois moitié de la nappe régulièrement dressée de la Linth et des revêtements irréguliers sur les proéminences bordant ce dernier bassin.

Entre les lacs de Brientz et de Thun, le comblement sur lequel se trouve Unterseen et Interlacken est une portion séparée par les deux lacs de la nappe que l'on retrouve à l'amont jusqu'au défilé de l'Aar, au-dessus de Meyringen, et à l'aval jusque dans les environs de Berne; elle se compose des mêmes matériaux, et les calcaires et les schistes de Grindelwald, de Lauterbrunnen y sont associés aux granites de la haute vallée de Hasle, que la Lutschine évidemment n'a pu fournir. Le dépôt alluvien d'Interlacken n'aurait donc pas été exclusivement formé par la Lutschine seule, mais concurremment par ce cours d'eau et par l'Aar : toutefois avant d'arriver à ce point, ou l'Aar avait à traverser le lac de Brientz dans lequel elle aurait naturellement déposé ses matériaux, ou ce lac n'existait pas, et il se serait formé postérieurement; dans ce dernier cas, la séparation des deux bassins ne serait pas une conséquence de l'amoncellement de déjections torrentielles postérieures aux dépôts glaciaires, à la sortie des gorges de

Lauterbrunnen, tandis que dans le premier la réunion de ces déjections d'origine et de nature différentes n'était évidemment possible que sous l'influence du glacier de l'Aar passant par-dessus ces bassins profonds, comme les glaciers du Rhin, du Rhône, de la Reuss et de la Linth ont franchi les lacs de Genève, de Constance, de Wallenstadt, des Quatre-Cantons et de Zurich, pour s'étaler au loin et bien au-delà des limites qu'on leur assigne habituellement encore.

Il y a à peine vingt ans que l'on a commencé à étudier sérieusement l'origine des glaciers et à rechercher les preuves de leur passage sur des terrains situés en dehors d'une région hors de laquelle on ne se doutait pas qu'ils fussent jamais sortis ; aussi, à l'aspect des déjections torrentielles, des accumulations des matériaux entraînés par les eaux répandues sur tous les points de la surface de la terre, enfin des bouleversements produits par les rivières sur les dépôts meubles des grandes vallées, il était tout naturel d'attribuer le transport et la distribution des sables et des galets constituant les comblements ou les revêtements des plans inclinés et des plateaux, soit aux cours d'eau actuels, soit à des courants extraordinaires.

Pour modifier l'opinion à cet égard, il fallait sans doute de la persévérance et du temps ; mais aujourd'hui on peut espérer et entrevoir la fin prochaine de débats qui ne sauraient se prolonger en présence des faits incontestables, des preuves évidentes recueillis de toutes parts à l'appui de la théorie glaciaire et confirmés chaque jour par de nouvelles observations.

Conclusion. H. 46. A l'égard des dépôts de comblement, j'ai la conviction qu'on arrivera à un classement rigoureux dès que l'on voudra, en abandonnant toute idée systématique ou préconçue, s'attacher exclusivement à l'étude de leurs relations et des caractères révélant l'action exclusive soit de l'eau, soit de la glace, soit l'action combinée de ces deux causes, dont les effets autrefois n'étaient pas aussi bien connus qu'ils le sont actuellement.

Dans les comblements dont il vient d'être question, j'ai considéré comme des dépôts erratiques formés pendant la période d'extension des anciens glaciers, toutes les nappes superficielles et profondes des vallées, des plans inclinés ou des plateaux offrant des dispositions que des courants successifs ou simultanés, faibles ou violents, ordinaires ou extraordinaires auraient inévitablement troublées ; des séries de dépôts juxtaposés par assises parfaitement dressées, et enfin un mélange de galets arrondis et anguleux et de blocs disséminés dans des masses de

sables ou de menus graviers, et toujours associés à la boue glaciaire.

Dans les bassins du Rhin, du Rhône et de la Lombardie, les comblements offrent la réunion de ces divers caractères; et aussi loin qu'il m'a été possible de les suivre et d'en examiner la structure et la composition, j'y ai reconnu des dépôts glaciaires qui se continuent en formant les bases sur lesquelles reposent les moraines terminales les plus avancées jusque sous les glaciers en activité.

Dans le bassin du Rhin, comme je l'ai dit, les comblements jurassiques, ceux de la Reuss, de la Linth et du Rhin sont non-seulement juxtaposés et séparés en bandes longitudinales, mais ils sont recouverts par des nappes uniformes provenant de la Forêt-Noire et des Vosges, qui n'ont pu s'étaler sur le comblement inférieur qu'au moment où le glacier alpin, beaucoup plus puissant et touchant le pied de chacune des deux chaînes parallèles à son cours, commençait à se retirer.

Les glaciers du Ballon de Saint-Maurice ont pu seulement alors atteindre les buttes erratiques de Bâle et y laisser des galets syénitiques témoins de leur développement sur ce point; tandis que les glaciers de la Wiese et de la Kander, descendant du ballon de la Forêt-Noire par deux vallées différentes, purent étaler séparément leurs moraines profondes sur le comblement alpin.

Dans le bassin du Pô, les nappes sortant des vallées des deux Doires, de la Stura, de l'Orco, de la Sesia, du Tessin, de l'Adda, etc., marchent parallèlement les unes aux autres en suivant le cours du Pô rejeté au pied de la colline de Turin et se raccordent toutes, ainsi que les comblements de la haute Stura, du Tanaro et de la Bormida, à l'extrémité de cette vallée, à un grand plan incliné que l'on peut suivre jusqu'à l'Adriatique.

L'immense glacier qui avait envahi la Lombardie s'est retiré jusqu'à la rive gauche de la plaine, où il s'est longtemps arrêté, à en juger par les dimensions colossales des moraines frontales de Garda, de Côme, du Lac-Majeur, d'Ivrée et de Rivoli, élevées par ses principaux affluents, dont le retour ultérieur n'est indiqué par aucune déjection séparée et superposée.

Enfin, dans le bassin du Rhône, les glaciers ont laissé des traces non moins évidentes de leur passage et de leur action, non-seulement en constituant des nappes de cailloux développées sur une si vaste échelle dans la Crau et la Camargue, mais en appliquant contre les flancs abruptes des montagnes des revêtements de terre à pisé provenant de la trituration des calcaires et des marnes des formations

jurassiques et mêlés à des cailloux et à des blocs provenant des Alpes et du Jura; et le phénomène glaciaire n'a pas été concentré dans le fond ou les parties moyennes des vallées, mais il a atteint les sommités les plus élevées [1], et par les plateaux et les cols il s'est déversé même vers les bassins de la Loire et de l'Allier, séparés de la grande vallée du Rhône par les montagnes de l'Ardèche.

Moraines frontales ou terminales.

H. 47. Une partie des *moraines latérales* et les *moraines médianes* sont entraînées par les glaciers jusqu'à leurs escarpements terminaux: chaque bloc atteint à son tour le sommet de la tranche de glace, roule en suivant la pente du talus au pied duquel il s'arrête en formant une digue plus ou moins puissante que l'on nomme *moraine frontale* ou *terminale*.

Les *moraines frontales* marquent les stations des glaciers, les points où ils sont venus rejeter *extérieurement* les matériaux disséminés à leurs surfaces, quelques-unes de leurs limites extérieures ou leurs diminutions successives. — Elles constituent des barrages concentriques aux extrémités des glaciers ayant ordinairement une forme circulaire, en raison de l'accélération et du mouvement vers le centre et de l'ablation sur les rives; elles sont *simples* ou composées et à *plusieurs étages*, suivant qu'elles offrent un bourrelet unique ou une série d'enceintes séparées les unes des autres ou diversement rapprochées et groupées.

Extérieurement leurs pentes varient en raison de la grosseur et de la forme des matériaux, mais elles sont toujours plus faibles que l'intérieurement du côté de la glace. On comprend, en effet, que des blocs roulant sur un talus *a b* (*fig. 6, pl. 13*) avec une vitesse souvent considérable, régulièrement ou par bonds, s'arrêtent plus ou moins loin du talus au fond de la vallée où ils constituent un premier bourrelet *c* contre lequel viennent s'arrêter d'autres blocs, et qui, en s'élevant graduellement, retient les débris moins volumineux et les menus matériaux. Si le glacier se retire, la partie *b d e* du revêtement, comprimée pendant un certain temps, s'affaissera dès qu'elle cessera d'être soutenue et elle prendra un talus d'éboulement *d f* opposé à *d c* d'autant plus incliné que le tassement aura été plus complet et que la base *b f* sera plus courte; et généralement les blocs les plus volumineux occuperont la base *c* et le talus *d c;* parvenu en arrière du point *f* (*fig. 7*), le glacier restant de nouveau stationnaire, élèvera une

DA. [1] Non-seulement atteint, mais couvert.

seconde moraine *x* qui touchera la première et recouvrira partiellement la pente *d f* et formera une moraine frontale à un ou à plusieurs étages (*fig. 9*), à moins qu'il ne se soit retiré à une distance suffisante pour que la nouvelle déjection ne puisse atteindre la première (*fig. 8*).

Le sol mis à découvert entre les moraines *a* et *b* (*fig. 8*) est *ordinairement couvert de blocs* que le glacier abandonne en se retirant; mais ces blocs, disséminés ou éparpillés, selon l'expression admise par **M. de Charpentier,** n'existent pas toujours dans l'intervalle des enceintes frontales, et ils manquent complétement lorsque les moraines superficielles offrent des lacunes, tandis qu'ils sont très-nombreux et rapprochés quand les glaciers sont entièrement recouverts de matériaux; les mêmes circonstances ont aussi une influence directe sur la formation des moraines frontales, dont la puissance n'indique pas toujours exactement la durée du séjour d'un glacier sur un point donné, puisque dans un même temps deux branches de force égale d'un même glacier élèveront l'une un barrage à peine perceptible, et l'autre une digue colossale, si la première est dégagée et si la seconde est recouverte d'une masse de débris.

Les moraines frontales sont des *enceintes continues* (*fig. 12, pl. 13*) entourant complétement le front des glaciers et offrant une ou plusieurs coupures aux passages des torrents et de leurs affluents, ou des *accumulations discontinues et partielles*, soit sur les deux rives, soit sur l'une d'elles, soit vers le milieu de la vallée, en raison de la distribution des moraines superficielles, de leur continuité, de leurs séparations et de leurs lacunes; en effet, lorsque les moraines superficielles parviennent à se joindre et à s'étaler (s'éparpiller) sur la surface entière d'un glacier (*fig. 10*), la moraine frontale entoure complétement la tranche terminale; si les moraines latérales et médianes restent séparées, les éboulements ont lieu sur trois points différents et donnent lieu à des barrages rudimentaires sur les deux rives, au milieu à la formation d'un cône (*a fig. 11, a fig. 14, et fig. 16*) qui n'existe pas sur le front des glaciers simples dépourvus de moraines médianes (*fig. 13*); enfin si les moraines latérales vont en diminuant graduellement à l'approche de l'extrémité du glacier ou se perdant entièrement dans les dépressions des deux rives, la moraine frontale ne peut se produire, ou elle existe d'un côté seulement, quand l'une des latérales seule se conserve en totalité ou en partie (*fig. 11 et 13*).

Les torrents qui s'échappent de dessous les glaciers s'ouvrent un ou plusieurs passages dans les barrages dont ils entraînent et étalent

les débris sous la forme de cônes de déjection ; et comme leurs sorties n'ont pas toujours lieu sur les mêmes points [1], ils opèrent de nouvelles coupures ou agrandissent les premières chaque fois qu'ils changent de lit ou reviennent dans celui qu'ils avaient momentanément quitté, en laissant çà et là quelques buttes coniques comme des témoins de la continuité première des moraines exposées à leur action destructive.

Au glacier du Rhône (*Pl. 13, fig. 3*) on voit plusieurs de ces cônes que les courants parviendront peut-être un jour à faire disparaître, ou qui pourront rester debout si les eaux se rejettent sur les rives ou ne quittent plus le milieu de la vallée ; mais dans leur état actuel ils offrent un exemple d'un morcellement particulier des moraines frontales, des dispositions et des formes que les eaux peuvent leur donner et dont on aurait peine à se rendre compte lorsqu'on les retrouvera dans les anciennes moraines, si j'avais négligé de faire remarquer en passant comment elles se produisent.

Les eaux entraînent facilement les menus débris, les galets, les sables et la boue glaciaire ; mais elles ne peuvent, malgré leur vitesse et leur violence, déplacer les blocs volumineux précipités dans leurs lits et qui souvent les forcent à se frayer une autre issue. Cependant, lorsqu'un torrent glaciaire coule sur une nappe de comblement composée de menus matériaux et qu'il peut facilement entamer, il se produit à l'amont et sur les côtés de ces obstacles des affouillements dans lesquels les blocs les plus gros glissent, s'enfoncent et finissent même souvent par disparaître entièrement ; aussi est-on quelquefois surpris de retrouver entièrement dégagé de blocs le lit d'un torrent glaciaire qui en était encombré quelques mois auparavant, et serait-on exposé à s'exagérer la force de ce cours d'eau, si, avant d'admettre un déplacement et un transport des masses volumineuses dont on ne voit plus de traces, on n'avait soin d'examiner la nature du sol sur lequel le torrent exerce son action.[2]

Les moraines frontales reposent *sur les moraines profondes* récem-

DA. [1] La voûte du glacier de l'Unter-Aar, par laquelle le torrent sort, varie toutes les années.

DA. [2] En parcourant les Pyrénées en 1847, un naturaliste m'a fait voir un bloc erratique monstre qui a été transporté, disait-il, l'année passée par le torrent à une distance de quelques cents mètres, sur un terrain de faible pente : il se trouvait sur rive droite. Ce bloc n'était nullement écorné, parfaitement anguleux, à arêtes vives, et encore en partie engagé dans la moraine profonde. Les eaux avaient dégagé les matériaux qui l'entouraient. Beaucoup de blocs dits transportés par les eaux se trouvent dans le même cas.

ment ou anciennement abandonnées par les glaciers et constituant la première couche ou la base des terrains superficiels, sur laquelle s'étalent les autres *dépôts erratiques*, *alluviens* et *détritiques* dont nous allons bientôt rechercher les caractères essentiels et les limites.

La séparation entre les moraines profondes et frontales est toujours visible, puisque celles-ci se relèvent à la surface des premières et offrent des reliefs dont les talus opposés se dessinent nettement sur la surface de ces plans inclinés et réguliers, même quand les blocs éparpillés masquent les bases de ces talus.

Les moraines frontales offrent un mélange de blocs arrondis et anguleux, de sables, de galets frottés et striés et de boue glaciaire provenant de moraines superficielles et profondes dans lesquelles on a vu des blocs, des galets arrondis, polis et striés, s'associer à des débris anguleux répandus à la surface des glaciers et maintenus pendant toute la durée de leurs trajets hors des atteintes de l'action glaciaire ou enfouis dans les nappes inférieures; aussi les barrages élevés aux extrémités des glaciers où toutes ces moraines viennent tomber et se confondre, doivent-ils offrir la réunion des matériaux bruts ou façonnés et des détritus dont ces moraines se composent, aussi bien que des blocs arrondis ou anguleux accidentellement engagés et maintenus dans la glace jusqu'aux tranches terminales.

Le mélange des matériaux des moraines profondes à la base des moraines frontales est un fait qui se produit accidentellement, mais dont on voit cependant d'assez nombreux exemples. Ainsi, lorsque des blocs volumineux *a a a* (*Pl. 13, fig. 18*), rejetés au pied d'un glacier en voie de progression, sont poussés en avant, ils ne sauraient glisser à la surface de la moraine profonde composée de matériaux qui peuvent facilement se déplacer, sans y creuser un sillon plus ou moins profond dans lequel leur base s'engage insensiblement; dans ces conditions, pressés à l'amont par le glacier et retenus à l'aval par la tranche superficielle de la moraine, la force motrice l'emportant considérablement sur la résistance, ils ne peuvent rester stationnaires; ils avancent *en refoulant* une portion de la nappe sous forme de bourrelet *b*, incorporé à la moraine frontale sous les blocs et les matériaux d'éboulement (*fig. 15*). Si ces blocs sont fissurés et n'ont pas une solidité suffisante pour résister aux efforts des pressions qu'ils subissent, dans ce cas, ils ne tardent pas à se briser; dans le cas contraire, l'épaisseur du bourrelet et la résistance augmentant graduellement, le glacier finit par les franchir et les enfoncer dans le comblement

inférieur où ils disparaissent et restent stationnaires ; le bourrelet accidentellement formé est nivelé, la moraine frontale est repoussée en avant et la moraine profonde reprend sa régularité.

Une moraine frontale peut être quelquefois presque exclusivement composée de matériaux fournis par la moraine profonde. Aux extrémités des petits glaciers suspendus, dépourvus de moraines médianes, on observe des moraines terminales de formes particulières, alimentées en totalité ou en très-grande partie par les débris des nappes inférieures, comme on peut le voir au glacier du Trift antérieur, aux glaciers supérieurs du Rhône et dans un grand nombre de localités. Les détritus, les sables, la boue, les galets et les blocs élaborés sous les glaciers poussés en avant jusqu'à la tranche terminale *a* (*fig. 1, pl. 14*), roulent sur le plan incliné *a b c* aussitôt qu'ils ne sont plus maintenus par la glace, principalement pendant l'été, quand l'ablation est considérable et qu'elle l'emporte sur la progression, et ils constituent sur le plan incliné une moraine frontale sous forme de nappe d'éboulement.

Si le glacier est à plusieurs étages *a b c* (*Pl. 14, fig. 2*), la moraine frontale du cône terminal *c* formera un *bourrelet circulaire d* constitué comme dans le cas précédent par les matériaux provenant de la moraine profonde, seuls ou mélangés à des débris anguleux, s'il en existe sur les rives ou sur la surface du glacier dans le cirque supérieur.

Les moraines frontales n'affectent donc pas invariablement la forme de barrages circulaires disposés concentriquement aux pentes terminales des glaciers ; mais on les trouve disposées en nappe ou en cônes d'éboulement, en cônes produits par des érosions latérales, dans le fond des vallées aussi bien que sur les flancs des montagnes, ainsi que je vais l'indiquer dans le chapitre suivant.

Nappes et cônes d'éboulement.

H. 48. Les masses minérales exposées à l'action des agents destructeurs éprouvent des dégradations continuelles ; les eaux, soit à l'état de liquide, soit à l'état de glace, détrempent les parties molles de certains terrains, favorisent la désagrégation des roches fissurées, corrodent et sapent les bases sur lesquelles reposent des amas de matériaux ou des rochers qui, laissés en surplomb, ne tardent pas à s'affaisser, tombent et se précipitent vers le fond des vallées, en laissant sur les flancs des montagnes des ruines éparses, traces de leur chute et de leur passage.

Lorsque des masses de débris tombent tout-à-coup sur un terrain dont les pentes sont très-faibles, elles s'y arrêtent dans le plus grand

désordre, et elles forment des accumulations extrêmement irrégulières; mais lorsque ces débris ont à parcourir entre leur point de départ et celui où ils s'arrêtent une certaine distance sur des plans suffisamment inclinés, leur triage s'opère et ils se classent et se déposent dans un certain ordre; les blocs les plus gros occupent le fond des accumulations qu'ils atteignent en se précipitant avec toute la violence que des pentes de 30 à 35 degrés et plus leur permettent d'acquérir; ils forment comme toutes les matières rejetées en remblais, à partir d'un seul ou de plusieurs points, tantôt des *amas uniques* dont le sommet regarde l'escarpement, tantôt des *nappes* qui se terminent dans le fond des vallées par des bourrelets souvent élevés et composés des blocs les plus gros.

Les arêtes des talus d'éboulement sont toujours rectilignes jusque tout près de leur pied, où elles présentent des renflements d'autant plus prononcés que la destruction de la masse supérieure marche avec plus d'activité, qu'elle a duré plus longtemps et que le nombre des blocs volumineux est plus considérable.

L'inclinaison de ces arêtes varie suivant la nature des matériaux qui ont servi à former les talus; elle est moins grande dans les éboulements de roches calcaires ou marneuses, de grès argileux, de sables et de galets, où elle dépasse rarement 26° 34', c'est-à-dire une hauteur moitié de la base des talus; tandis que dans les éboulements de roches granitiques elle atteint un maximum de 35°, soit en hauteur les $^{7}/_{10}^{es}$ de la base; ce qui est parfaitement d'accord avec ce que l'expérience a démontré, que *l'inclinaison d'un talus est d'autant plus forte que les matériaux dont il se compose sont moins friables.*

Toutefois les pentes *b c* (*fig. 3, pl. 14*) de ces talus se modifient ordinairement vers leurs parties inférieures et moyennes, aussitôt que leur bourrelet terminal *a* a acquis une certaine élévation; elles tendent alors à atteindre une limite d'inclinaison *minimum a d f* qui permet à la fois aux matières rejetées d'acquérir de la stabilité et à la végétation de s'y développer et de les recouvrir même entièrement.

Ces éboulements offrent des débris plus ou moins volumineux, des détritus provenant de l'*écrasement* ou de la *décomposition* des rochers, des fragments et des blocs toujours anguleux, dont les angles vifs et les faces raboteuses portent les traces des chocs et des frottements que ces matériaux ont subis dans leur chute ou pendant le trajet qu'ils ont parcouru; mais ils n'offrent *jamais* ces formes arrondies, ces surfaces polies que les blocs soumis à l'action glaciaire seuls peuvent acquérir.

Cependant, lorsqu'un bloc *glisse, sa surface frottante peut se dresser, même se recouvrir de stries*, que l'œil un peu exercé distingue facilement du poli et des stries donnés par les glaciers, le trajet parcouru étant ordinairement assez court et le temps pendant lequel il s'accomplit trop restreint pour que le poli soit parfait et que toutes les aspérités disparaissent; les stries sont courtes, peu profondes, discontinues, saccadées, elles s'entrecroisent brusquement si le bloc vient à osciller et elles ne paraissent que sur les blocs calcaires ou de roches tendres glissant sur des plans inclinés recouverts d'aspérités; enfin la surface accidentellement frottée et partiellement dressée a un aspect mat, sec et poudreux bien différent de l'éclat des surfaces polies lentement par les glaciers et avec l'aide de cet émeri si fin que forme la boue glaciaire imbibée d'eau.[1]

Souvent aussi les rochers sur lesquels des avalanches de débris s'écoulent incessamment ou périodiquement se polissent et se couvrent de stries, et leur poli à la longue prend un certain éclat, mais dans ce cas encore on en comprend immédiatement la cause; en effet, on voit inférieurement les amas de décombres, la route qu'ils ont suivie et qu'ils ne cesseront de suivre, enfin les stries dirigées parallèlement, sans entrecroisements aucuns de haut en bas, suivant la ligne de la plus grande pente, et tandis que les stries glaciaires sont ascendantes ou parallèles à la surface des glaciers et transversales aux stries de glissement, aux surfaces accidentellement frottées au passage des éboulements.

Les nappes et les cônes d'éboulement ne sont pas toujours et exclusivement alimentés par les débris des roches désagrégées tombant des cimes ou des flancs des montagnes jusque dans le fond des vallées; mais les moraines superficielles fournissent aussi des matériaux qui viennent s'y ajouter ou constituent des accumulations séparées et distinctes (comme je l'ai indiqué déjà)[2], et l'on trouve des dépôts anciens et modernes produits par l'accumulation de débris : 1° des masses minérales désagrégées sous l'influence des agents atmosphériques; 2° rejetées par les glaciers anciens et actuels; 3° enfin par les deux causes agissant soit simultanément, soit successivement.

DA. [1] Dans la vallée d'Im-Hof (vallée de Hasle) on voit sur la rive droite de l'Aar un grand bloc calcaire qui a glissé, il y a longtemps depuis cette époque, sur la paroi droite qui encaisse la vallée; sa surface a une multitude de stries saccadées.

II. [2] **H. Hogard.** *Observations sur les nappes et cônes d'éboulement, etc.; Bulletin de la Société géologique de France*: 2e série, T. VII, p. 186.

Ainsi, lorsqu'un glacier vient se terminer au sommet d'un escarpement, d'un talus très-incliné ou d'un couloir à pente rapide, les débris qu'il rejette ne peuvent se maintenir au pourtour de sa tranche terminale ; ils tombent et roulent jusqu'à ce qu'ils rencontrent un repos du terrain sur lequel ils puissent s'arrêter et s'accumuler, et la moraine frontale prend alors la forme d'un cône ou d'une nappe d'éboulement.

J'ai déjà parlé des moraines frontales formées exclusivement ou à peu près aux dépens des moraines profondes, lorsque les glaciers sont dépourvus de moraines superficielles et surtout de moraines médianes, et j'ai cité comme exemple les déjections du glacier de Trift antérieur et des glaciers suspendus du Rhône disposés en larges nappes sur les plans inclinés que dominent ces glaciers. Mais lorsque ces déjections ne peuvent se répandre, et quand elles sont ramenées par les pentes latérales d'un couloir jusque dans une coupure étroite, sorte de *goulot d'écoulement*, elles constituent des cônes d'éboulement à arêtes régulières et à bourrelets terminaux plus ou moins prononcés. Les moraines du glacier du Frène, sur la rive gauche et près de l'extrémité du glacier du Miage, celles de divers glaciers de la vallée de Hasle et notamment des branches de Nægelisgrætly sur la rive droite, à l'entrée du cirque de Rœterichs-Boden, sont dans ce cas. Dans cette dernière localité la nappe profonde, occupant toute l'étendue du cirque, est recouverte à son extrémité sur la rive gauche et jusqu'au passage de l'Aar par une ancienne digue terminale *a a* (*fig. 4 et 5. pl. 14*), dont la courbure est tournée vers l'aval ; à droite, au bas des couloirs qui dominent les branches d'un glacier suspendu, on aperçoit deux moraines terminales *b b* ayant la forme de cônes d'éboulement, mais dont les blocs et les galets arrondis, polis et mêlés à la boue glaciaire, permettraient de distinguer et de reconnaître l'origine, quand bien même le glacier qui les produit actuellement sous nos yeux viendrait à disparaître.

Ainsi, dans la même vallée, un peu au-dessus de la Handeck, sur la rive gauche de l'Aar, on observe deux cônes d'éboulement ayant extérieurement les mêmes formes et les mêmes dispositions : le premier est un cône constitué par des matériaux glaciaires, une moraine terminale semblable à celle dont il vient d'être question ; tandis que le second est formé de blocs et de matériaux anguleux provenant des cimes supérieures et de chutes successives de leurs débris ; les couches produites par les eaux coulant continuellement sur le premier.

accidentellement et par intermittence sur le second, laissent apercevoir la structure intérieure de ces dépôts et les formes de leurs matériaux, que révèlent d'ailleurs les dispositions extérieures, les blocs disséminés à leurs surfaces ou accumulés à leurs pieds; aussi, quand même le glacier suspendu à l'amont du premier viendrait à disparaître, leurs caractères tranchés suffiraient pour indiquer une origine différente.

Quand les glaciers ne sont pas encaissés et lorsqu'ils s'avancent sur des proéminences qu'ils dominent, leurs moraines superficielles n'étant pas maintenues peuvent se déverser de côté et former des cônes et des nappes. Ainsi, en avant de Randa, dans la vallée de Saint-Nicolas (à l'aval de Zermatt), le long de la rive droite du glacier descendant du Weisshorn, on observe plusieurs cônes produits par le déversement, un cône ou moraine terminale remaniée par les eaux sortant du glacier, des éboulements de roches désagrégées, et enfin le grand cône sur lequel Randa est bâtie, déjection torrentielle formée par les eaux aux dépens des glaciers anciens et actuels de la rive droite de la vallée. Sur la rive droite de l'un des affluents du glacier d'Aletsch la moraine latérale constitue une immense nappe d'éboulement; au revers du Mont-Cervin, au haut de la vallée de Val-Tournanche, un glacier remanié recouvre entièrement une proéminence qu'il domine de nappes uniformément répandues sur les deux rives et sur son front (*Pl. 17, fig. 1 et 2*).

Enfin les moraines latérales constituent souvent des digues élevées, des barrages transversaux circulaires ou en lignes obliques, et quelquefois même elles ont les dispositions et l'aspect de moraines frontales. Ainsi la moraine latérale droite du glacier du Miage est une digue élevée placée d'abord transversalement d'une rive à l'autre à la sortie du passage des Aiguilles-Rouges, puis, après avoir donné naissance au lac Combale, dont elle retient les eaux, elle marche parallèlement à la vallée que la moraine latérale droite du glacier de la Brenva, débouchant un peu plus à l'aval, traverse de nouveau obliquement et fermera peut-être un jour entièrement.

Lorsqu'un glacier éprouve une déviation latérale, qu'il s'épanche en se ramifiant en quelque sorte dans un pli du terrain, sa moraine en contourne les rives; mais si le passage n'est pas fermé, s'il aboutit soit à un plateau, soit à un col que la glace puisse atteindre, la moraine latérale élevée à l'extrémité de cette branche accidentelle du glacier constitue une enceinte circulaire à un ou à plusieurs étages et

avant les dispositions, les formes et le caractère d'une véritable moraine frontale. Le col Mærjelen, entre les glaciers de Viesch et d'Aletsch, est recouvert par une semblable moraine (*Pl. 17, fig. 8*) formée à une époque reculée, quand ce dernier glacier occupait encore l'emplacement du lac actuel; ici on n'éprouve aucune difficulté à s'expliquer de quelle manière les choses se sont passées, puisque l'on voit à une très-faible distance de cette accumulation la cause qui seule a pu la produire, le glacier en voie de progression et tendant sur tous les points à franchir ses limites et à accomplir de nouveaux envahissements; mais si le glacier avait disparu ou s'était retiré à une très-grande distance du col, l'explication serait beaucoup moins facile; aussi pour l'intelligence de faits identiques observés dans des contrées où ces glaciers ne sauraient plus exister aujourd'hui [1], ai-je cru devoir indiquer les dispositions diverses que prennent les moraines dans certaines circonstances exceptionnelles et noter tout particulièrement le barrage circulaire dominant le col et le lac Mærjelen, et dont on trouvera plus loin des coupes et des croquis.

En résumé, les rochers se décomposent, se désagrègent et se divisent en fragments plus ou moins volumineux qui tombent incessamment et se répandent à la surface du sol ou des glaciers, sous formes de nappes ou de cônes d'éboulement. Ces avalanches de pierres et de détritus constituent les *moraines superficielles latérales*, *profondes* ou *terminales*, des revêtements sur les plans inclinés ou dans les fonds des vallées, des comblements exécutés par les glaciers ou par les torrents, des nappes, des cônes et des dépôts de sédiment; enfin les *dépôts superficiels détritiques, alluviens et erratiques*, se composent des débris arrachés aux diverses formations constituant l'écorce solide du globe, contre lesquelles les éléments semblent conjurés; des ruines continuelles, déterminées principalement par l'eau et la glace, ces deux puissants agents de destruction et de reconstruction, attaquant les masses minérales et leur enlevant incessamment les éléments de nouveaux dépôts sous lesquels ces masses se trouvent ensuite définitivement conservées ou temporairement préservées. Et les dispositions de ces dépôts, les formes ou la distribution de leurs matériaux variant, comme on l'a vu, en raison des circonstances dans lesquelles ils se produisent, il sera possible, je l'espère, de reconnaître parmi les terrains superficiels, anciens, récents et actuels, ceux qui se sont formés

[1] M. Blanchet, *Coup-d'œil sur le terrain erratique des Vosges*, 1848.

sans le concours de l'eau ou de la glace, ceux qui ont eu lieu sous l'influence exclusive de l'une ou de l'autre; enfin ceux qui résultent de l'action combinée de ces deux causes agissant soit successivement, soit simultanément.

Distribution des matériaux erratiques.

H. 49. On ne donnait autrefois la dénomination d'*erratiques* qu'aux blocs rejetés sur les rives des glaciers ou à leurs extrémités, isolément ou par groupes; mais aujourd'hui on l'applique indistinctement à toutes les accumulations, à tous les dépôts, *moraines latérales*, *terminales* ou *profondes* exécutés par les glaciers, et même aux *galets*, pour les distinguer des accumulations alluviennes et des cailloux transportés par les eaux. Je pourrai donc en faire usage à l'avenir.

Déjections des torrents et matériaux remaniés et transportés par les torrents.

H. 50. Les déjections des torrents, les amas de sables et de galets transportés ou remaniés par des courants diffèrent essentiellement des dépôts erratiques, non-seulement par leurs formes extérieures, mais encore sous le rapport de la distribution intérieure de leurs éléments constitutifs.

Dans une déjection torrentielle, dans une accumulation alluvienne, si les matériaux se distribuent et se classent suivant un certain ordre, en raison de leurs volumes, leur triage par espèces minérales n'a jamais lieu, et quelle que soit leur provenance, ils se disséminent indistinctement dans toutes les parties de ces amas. Aussi un torrent alimenté par un certain nombre d'affluents et dégorgeant dans une vallée, y élèvera-t-il un *cône de déjection* dans lequel on retrouvera, dans le plus grand désordre, une collection complète de débris de toutes les espèces minérales enlevées aux roches de la vallée principale et de tous les vallons secondaires roulant pêle-mêle dans toute l'étendue du goulot d'écoulement.

Cône de déjection.

Transport des matériaux par les glaciers.

H. 51. Mais cette confusion inévitable dans le lit d'un courant plus ou moins rapide n'existe pas dans les dépôts erratiques, dont les matériaux sont distribués dans un ordre qui n'est que très-exceptionnellement troublé et que l'on remarque surtout lorsqu'on y rencontre des roches d'espèces parfaitement distinctes provenant de gisements séparés.

Si l'on se rappelle les observations qui précèdent sur la formation des moraines superficielles et sur leur régime, on comprendra facilement que les débris provenant des montagnes bordant un bassin et tombant sur les rives d'un glacier y constituent de longs convois de matériaux qui restent séparés, indépendants, ou qui se réunissent et se mélangent dans des circonstances données.

Sur un glacier simple [1] et dépourvu de moraine médiane, en supposant que les *moraines latérales* s'éparpillent ou s'étalent de manière à recouvrir entièrement sa surface, elles ne resteront pas moins nettement séparées, ou s'il y a mélange de leurs matériaux, ce mélange n'aura lieu que très-partiellement, et à leur point de contact seulement. Si donc ce glacier est recouvert à droite de débris granitiques et à gauche de schistes, de calcaire ou de serpentine, la moraine terminale sera à droite exclusivement de granit, tandis qu'à gauche elle renfermera exclusivement soit des schistes, soit du calcaire, soit de la serpentine, soit enfin les uns et les autres, s'ils sont réunis dans la moraine latérale, mais séparément et dans l'ordre suivant lequel ils seront parvenus sur la rive; enfin, si le glacier a une moraine médiane, on observera : 1° dans le cas où cette moraine resterait séparée des rives jusqu'à la tranche terminale, un barrage frontal composé à droite et à gauche des débris provenant des deux rives, au milieu un mélange de matériaux fournis par les affluents; 2° dans le cas où la *moraine médiane* s'étalerait jusqu'à l'un des bords, comme au glacier de l'Unter-Aar [2], une moraine frontale alimentée en partie par l'une des latérales, et pour le surplus soit par la réunion des moraines latérale et médiane, soit par cette dernière seule : cela est évident, incontestable.

Avant 1844 on savait déjà que le terrain erratique alpin était divisé en un certain nombre de *bassins erratiques dont les limites restaient parfaitement distinctes;* mais on n'avait pas encore constaté l'ordre de la répartition des roches diverses qui s'y rencontrent toujours régulièrement groupées, lorsque **M. Guyot**, après s'être livré à cet égard à des recherches suivies, est venu, vers la fin de cette même année, communiquer à la *Société des sciences naturelles de Neuchâtel* ses résultats et ses observations, et faire connaître la loi suivant laquelle la distribution des matériaux erratiques a eu lieu autrefois et continue encore à se faire aujourd'hui dans les plaines aussi bien que dans les hautes vallées.[3]

Cette loi, suivant les expressions de ce savant, est en tous points conforme à celle qui préside à l'arrangement des moraines sur les

1. Sur un glacier qui n'a pas d'autres affluents, les moraines latérales s'éparpillent naturellement.

2. Le glacier de l'Unter-Aar, qui est composé de plusieurs affluents.

3. *Note sur la distribution des espèces de roches dans le bassin erratique du lac Neuchatel*, 1847.

glaciers simples ou composés, au groupement des espèces de roches par zones parallèles et linéaires, à leur répartition ou leur réunion sur tel ou tel point, suivant les formes, les positions et la constitution géologique des vallées d'où elles sont sorties.

Aussi est-il parvenu, en étudiant les moraines anciennes et actuelles et l'ordre de leurs matériaux, et en observant les circonstances topographiques et orographiques des bassins, à découvrir les gisements de débris erratiques qu'on n'avait pas encore retrouvés en place; et réciproquement, à l'aide des mêmes données, on peut déterminer à l'avance les points sur lesquels on devra rencontrer telle ou telle espèce de roche provenant d'un massif dominant un glacier en activité ou touché autrefois par un ancien glacier; puisque toujours les blocs des diverses espèces de roches forment des séries parallèles, et quand, arrivés dans la plaine, ils s'étalent considérablement, ils ne conservent pas moins une disposition respective analogue à celle qu'ils avaient dans leurs gîtes primitifs; les blocs du flanc droit d'une vallée occupent dans la plaine la rive droite du bassin; ceux du flanc gauche la rive gauche; enfin ceux des vallées les plus centrales en couvrent les régions centrales.

Dans les moraines profondes le mélange des matériaux est encore moins facile et fréquent qu'à la surface des glaciers, la distribution est aussi régulière, et elle leur imprime un caractère essentiel qui permettrait toujours de distinguer sûrement les nappes glaciaires des comblements *alluviens*, quand bien même ceux-ci auraient été nivelés et dressés par des glaciers postérieurement à leur formation et recouverts d'une moraine superficielle; en effet, si l'on suppose une moraine profonde d'une épaisseur extrêmement faible commençant à se former sous un glacier récent dans une vallée granitique, cette moraine sera exclusivement granitique; si, au contraire, le bassin est bordé d'un côté par des roches serpentineuses, elle offrira exclusivement, de ce dernier côté, des débris de cette roche; et les surfaces granitiques *g r* ou serpentineuses *s* (*fig. 8, pl. 14*) auront chacune une étendue proportionnée à la masse des matériaux entraînés sous le glacier; enfin elles se toucheront sans se confondre, toute déviation, toute perturbation étant rendues impossibles par la pression qu'exerce le glacier, et la translation des matériaux ne pouvant se faire que d'amont en aval dans le sens de la pente.

Si la puissance de la nappe augmente graduellement, la séparation établie entre les deux assises inférieures se maintiendra entre cha-

sur les couches superficiellement et successivement ajoutées, et le dépôt comprendra deux nappes distinctes se raccordant supérieurement au même plan incliné et s'appuyant l'une contre l'autre, ou se juxtaposant à leur point de contact *a* et *b* (*fig. 9*); enfin, si le glacier est composé de plusieurs affluents, les diverses espèces de roches amenées dans son lit conserveront des dispositions respectives analogues à celles de leurs gîtes; elles formeront des séries distinctes et le comblement offrira, en raison de leur diversité, des bandes plus ou moins nombreuses, mais toujours séparées et juxtaposées, comme dans la *fig. 10*.

Dans certaines circonstances, des nappes de composition et d'origine différentes peuvent se superposer et indiquer deux dépôts distincts, séparés; ainsi des glaciers latéraux, suspendus, rejettent continuellement leurs moraines terminales sur les anciennes nappes abandonnées par les glaciers principaux; et ils peuvent dans certaines circonstances recouvrir ces nappes de leurs moraines profondes.

Le grand glacier qui occupait autrefois la vallée d'Aoste était formé par les affluents du revers méridional du Mont-Blanc réunis près de Courmayeur. Dans l'Allée-Blanche, les glaciers provenant du col de la Seigne et du Mont-Blanc lui-même marchaient parallèlement et comblaient le fond du bassin de nappes séparées et parallèles de débris granitiques, de schistes et de calcaires jurassiques métamorphiques.

Aujourd'hui le glacier principal ayant disparu, les affluents de Chanalette, du Miage et de la Brenva descendent seuls dans la vallée; ils occupent, savoir :

Le glacier de Chanalette le côté gauche à l'amont du lac Combal, et les deux autres la largeur entière sur deux points différents, et recouvrent soit partiellement, soit en totalité, le comblement ancien de nouvelles nappes exclusivement granitiques dont on comprend parfaitement la superposition et la séparation, puisqu'elles résultent de circonstances que l'on peut apprécier et de causes agissant sous nos yeux. Mais si ces glaciers s'étaient retirés ou venaient à disparaître, on pourrait au premier abord éprouver quelque difficulté à expliquer ces faits.

Cependant, pour arriver sûrement et promptement à une solution, il suffirait de remarquer que la séparation des nappes indique des époques successives; que la distribution et l'arrangement de leurs matériaux ne peuvent être attribués qu'à l'action glaciaire, seule ou

pable de dresser des remblais de comblement et de les régler
bandes parallèles juxtaposées ou superposées par couches régulièr
que l'ordre observé dans les remblais eût été troublé s'il s'était p
duit sous l'influence de courants plus ou moins actifs; enfin que
nappe supérieure complète ou partielle indique, après la retraite
glacier principal, les envahissements de glaciers latéraux dont on
terminerait l'origine, les directions et l'étendue d'après l'importan
la nature et la distribution de ces remblais superficiels.

Blocs erratiques. H. 50. Les *blocs erratiques*, dans un certain rayon autour des Al
et des chaînes de montagnes, aujourd'hui dégagés de glace, so
comme on l'a dit, les bornes milliaires placées sur la grande ro
glaciaire, à des distances variables des points de départ; mais
n'en indiquent ni l'étendue ni le terme.

Moraines profondes. Les *moraines profondes* répandues dans les plaines, sur les fla
des vallées, sur des plateaux ou sur des proéminences élevées et c
stituant presque exclusivement la couche superficielle de la terre,
prolongent des Alpes jusqu'à l'Adriatique, la Méditerranée,
avant vers le Nord, et se sont même réunies aux comblements de
Loire en franchissant les faîtes interposés entre le bassin du Rh
et les vallées dirigées vers le centre de la France; tandis que ce n'
qu'à partir des crêtes du Jura, des environs de Schafhouse ou de
colline de Turin qu'on commence à apercevoir des blocs disséminé
leurs surfaces, et plus en arrière, avec les premières moraines t
minales considérées jusqu'ici comme les limites de la plus gra
extension des glaciers.

Évidemment les blocs erratiques sont des témoins abandonnés
les glaciers pendant la *période de retraite*, et ils se sont dissémin
éparpillés ou réunis en amas ou moraines, en raison de l'accélé
tion de la marche rétrograde ou de la durée des stations sur tel ou
point; aussi les stations extrêmes qu'ils ont pu atteindre, loin
marquer les limites de la plus grande extension des glaciers, ne n
semblent-elles indiquer que le moment auquel ces *phénomènes sup
ficiels* ont pu commencer à se produire sur des points définitivem
abandonnés par les glaciers.

Évidemment, pendant la période d'extension, les blocs ne po
vaient être rejetés, ni rester isolés sur les fronts ou sur les rives d
glaciers qu'à la suite d'ablations extraordinaires ou de retraites ac
dentelles et momentanées, et ils ne tardaient pas à être de nouv
atteints, refoulés, broyés ou enfouis dans la moraine profonde.

du retour des progrès en avant. — En effet, si l'on considère un bloc *A* parvenu sur la crête de la tranche terminale d'un glacier et tombant au pied du talus en *B* (*Pl. 15, fig. 1*), il ne saurait y demeurer stationnaire, on le comprend, que dans le cas où le glacier s'arrêterait ou diminuerait tout-à-coup. Mais aussitôt que le mouvement de progression ne sera plus compensé ou paralysé par une suffisante ablation, il sera poussé en avant si le sol est résistant, ou enfoui dans la moraine profonde si elle est assez puissante pour qu'il puisse la pénétrer et s'y enfoncer. Enfin, si l'extension se continue, le glacier augmentant graduellement en largeur et en puissance, tous les blocs des rives aussi bien que de la tranche terminale seront inévitablement atteints, déplacés et entraînés jusqu'au point *C*, où nous supposons que le glacier aura atteint son extrême limite, pour se retirer ensuite et définitivement vers le cirque *A D*, d'où il ne sortira plus (*Pl. 15, fig. 2*).

Mais le glacier n'abandonnera çà et là que les blocs disséminés à sa surface; et ces blocs, si la distance entre le pied des talus d'éboulement et la tranche terminale est de 1 kilomètre, ne parviendront pas à ce dernier point avant vingt années, si la marche est moyennement de 50 mètres annuellement; or, si la glace avait atteint un développement de 1 kilomètre, soit un accroissement de 500 mètres de *B* en *C*, pendant que les blocs tombés au point *x* auraient parcouru la distance *x y*, toute la surface de la glace serait entièrement dégagée de matériaux; sur le front, aussi bien que sur les rives, on ne rencontrerait ni moraines frontales ou latérales, ni blocs étalés, et la moraine profonde *p p* révèlerait l'extension du glacier entre les points *y z*, s'il venait par une cause quelconque à se retirer en totalité ou en partie jusqu'en *y* avant que les blocs n'eussent atteint ou dépassé ce dernier point.

Les glaciers arrachent au sol qu'ils touchent quelques débris, mais les masses de roches et les accumulations de matériaux qu'ils abandonnent proviennent des éboulements successifs et continuels des montagnes aux pieds desquelles ils se trouvent placés. La surface du glacier de l'Unter-Aar, à la hauteur du Pavillon, est dominée par des escarpements de 1000 mètres de hauteur; les crêtes des pics bordant ses deux cirques sont constituées par des roches désagrégées, mais elles fournissent comparativement beaucoup moins de débris que les flancs des montagnes bien plus exposés aux variations atmosphériques que les sommités presque toujours dégagées de glace.

Lorsque ce glacier occupait toute la vallée de Hasle et se joignait au glacier du Rhône par le col de la Meyenwand, il n'était dominé que par quelques pics recouverts eux-mêmes de glaciers, et dont les débris retenus et solidement soudés par la glace ne pouvaient se désagréger et tomber sous formes d'avalanches; et évidemment alors il ne se trouvait à sa surface aucun de ces amas de matériaux nécessaires pour former des moraines superficielles, latérales ou frontales, aucun bloc à transporter. Et ce n'est que plus tard, après une notable réduction, après un abaissement suffisant de sa surface que les rochers dégagés de leur manteau de glace ont pu se déliter et s'ébouler, et que le transport des débris qui s'en détachaient a pu commencer à avoir lieu.

A partir de ce moment, les matériaux erratiques ont dû mettre un certain temps pour atteindre les stations les plus éloignées, où nous les retrouvons aujourd'hui.

Ainsi, les blocs des environs de Schafhouse ayant 260 kilomètres à parcourir de ce point à l'origine du bassin, en admettant une progression annuelle et moyenne de 100 mètres, il fallait pour ce trajet 2600 années, à partir du moment où les glaciers avaient non-seulement commencé à décroître, mais déjà subi des réductions notables et nécessaires pour permettre aux éboulements de se produire et de former des moraines superficielles.

Lors donc qu'un bloc tombait au pied de la tranche terminale à Schafhouse, les glaciers du Rhin avaient décru pendant une longue suite d'années, non-seulement en hauteur, mais aussi en étendue, et ils avaient cessé d'occuper la basse vallée où leurs moraines profondes révèlent leur séjour d'une manière aussi incontestable que les champs de blocs, que les barrages laissés entre Schafhouse et les glaciers actuels : accumulations qui à elles seules sont insuffisantes pour caractériser l'ensemble des dépôts erratiques, puisqu'elles n'en constituent que la partie qu'on doit même considérer comme *accidentelle* et qui, dans certains cas, peut manquer totalement ou partiellement, tandis que les moraines profondes, le *Lehm*, les polis et les stries inférieures ne font jamais défaut.

L'absence des blocs erratiques dans le bassin du Rhin, au-dessous de Bâle, n'est pas une preuve négative de l'intervention de la glace dans la formation, dans le règlement du dépôt de comblement de cette grande vallée : c'est un fait qui s'explique et que l'on comprend immédiatement quand on examine une coupe du terrain compris entre

Bâle et le cirque du Finster-Aar..... — Les crêtes élevées (*Pl. 22, fig. 1*) étaient alors couvertes de glaciers et cette immense mer de glace réunie à la branche droite du glacier du Rhône, aux glaciers de la Linth, du Rhin, joignant les glaciers du Jura et des Vosges, ne laissait à découvert dans le bassin inférieur aucun espace où des blocs auraient pu tomber, quand même elle en eût été recouverte; ce qu'on ne pourrait supposer sans admettre hypothétiquement et sans preuve, dans les Alpes, des cimes énormément plus élevées que celles qu'on y observe aujourd'hui.

La présence des blocs erratiques dans le fond et sur les flancs des vallées alpines et sur des sommités situées en dehors de l'enceinte des montagnes et séparées des Alpes par de larges bassins, par des lacs profonds, était un phénomène d'une trop grande importance pour ne pas attirer l'attention des géologues et donner lieu à une série d'observations, de discussions et de théories qu'il serait superflu de rapporter ici dans leurs détails.

Les énormes dimensions de la plupart de ces blocs et leur éloignement des lieux d'où ils sont sortis devaient naturellement faire supposer que l'agent de leur transport était doué d'une *puissance extraordinaire* dont on croyait les agents de l'époque actuelle entièrement dépourvus; aussi, pour expliquer ce phénomène tout naturel, cherchait-on à en rendre compte en imaginant des causes exceptionnelles et extraordinaires.

Hypothèses proposées par de Saussure, de Buch, Deloulieu, de Luc, Venturi, Leyell.

H. 51. **De Saussure**, supposant qu'un grand lac retenu par la chaîne du Jura recouvrait la plaine de la Suisse et se prolongeait au loin dans les vallées, a pensé qu'une rupture subite ayant eu lieu au fort de l'Écluse, un courant avait dû se produire tout-à-coup et acquérir une violence suffisante pour entraîner au loin et sur les rives élevées de ce lac les blocs dispersés par le Jura; et plus tard, **M. Léopold de Buch**, comprenant ce qu'il y avait d'invraisemblable dans l'hypothèse d'un courant unique, puisque, dans ce dernier cas, loin de se déposer par étages *tout le long du Jura*, les blocs auraient été entraînés dans la direction de la vallée du Rhône, vers Genève, admettait autant de courants qu'il avait constaté de groupes différents dans les accumulations de blocs, soit par leur disposition, soit par la diversité des roches qu'on y rencontrait.

Deloulieu supposait que les blocs erratiques avaient glissé des Alpes jusqu'au Jura sur un plan incliné, creusé et morcelé ensuite par des révolutions postérieures.

Deluc admettait de violentes éruptions, des explosions à la suite desquelles les blocs avaient été lancés à travers les airs; et enfin le **père Venturi**, **M. Leyell** et d'autres ont proposé une autre explication et pensent que le transport des blocs a dû s'effectuer sur des radeaux de glaces entraînés par des courants diluviens.

Chacune de ces hypothèses avait ses partisans, mais celles des grands courants a pendant longtemps conservé et conserve peut-être encore la majorité des opinions, malgré les travaux récents de **MM. de Charpentier, Agassiz, Desor** et de tant d'autres géologues (glacialistes) qui, dans ces derniers temps, ont étudié et expliqué les diverses phases du phénomène glaciaire, et malgré les objections qu'ils ont successivement formulées en rapportant des faits positifs, des preuves irrécusables.

Formes et dispositions des blocs erratiques.

H. 52. La forme des blocs erratiques du Jura et de tant d'autres localités éloignées des hautes cimes des Alpes est *généralement anguleuse* et sans traces d'usure ni de frottement, et entièrement semblable à ces masses polyédriques de granite qui se délitent suivant des fissures déterminant un clivage dans les massifs dont ils se détachent; d'autres sont *usés, polis, striés et rayés;* et généralement ils reposent sur une couche de sables et de galets intermédiaires entre eux et le sol, dont la surface, soit qu'elle soit constituée par des calcaires ou des granites, est ordinairement *polie et striée.*

Les blocs sont disposés (*Pl. 16*) *par groupes, par bandes étagées*, mais ils ne sont pas distribués par ordre en raison de leur volume; on n'y remarque pas plus que dans les couches de sables et de galets qui les supportent ce triage que les courants impriment invariablement aux matériaux qu'ils ont charriés; et la présence de cette couche intermédiaire extrêmement meuble entre le sol et les blocs, indépendamment de la *conservation des surfaces polies et striées, prouve qu'aucune cause violente n'a pu atteindre les sommités ou les flancs des montagnes avant, pendant et après le transport des matériaux erratiques.* Avant, puisque les stries du sol eussent été effacées; pendant et après, puisque les sables eussent infailliblement été entraînées par des courants capables de charrier des blocs dont un grand nombre ont plus de 300 à 400 mètres cubes et plus.[1]

DA. [1] Le bloc monstre : bloc calcaire sur une montagne de gypse appelée le Montet (canton de Vaud); il a 4900 mètres cubes. Le Blaustein, dans la vallée de Saas, [illegible] 8360 mètres cubes.

Cette couche inférieure, composée de matériaux triturés et arrondis recouvrant des surfaces frottées et qu'ils ont servi à polir et à strier, révèle de la manière la plus évidente l'*action glaciaire;* sa conservation sur des plateaux, sur des plans fortement inclinés prouve que l'agent qui seul a pu le produire s'est retiré graduellement, lentement et sans débâcles, en abandonnant les blocs et les divers débris éparpillés à sa surface par bandes parallèles qui pouvaient se joindre, se réunir latéralement, mais non se confondre les unes avec les autres comme le font les matériaux de diverses provenances entraînés à l'extrémité d'un goulot d'écoulement, souvent d'une longue vallée, et rejetés pêle-mêle, par ordre de pesanteur pourtant, dans un cône de déjection ou une nappe alluviale.

Les blocs erratiquss ne forment pas une ceinture enveloppant le massif des Alpes et disposée suivant une courbe de niveau ou infléchie suivant des pentes variables vers les vallées extérieures. On les retrouve par zones à différentes altitudes, non-seulement sur les hauteurs, mais encore sur les flancs des montagnes, dispersés dans les plaines ou accumulés dans les vallées.

Entre le lac de Neuchâtel, par exemple, et les crêtes du Jura on remarque des zones de blocs marquant différents étages ou divers horizons, c'est-à-dire la diminution et les stations successives des anciens glaciers. Puis, au-delà des premières crêtes, on en retrouve dans les vallées intérieures de la chaîne du Jura qui ne s'ouvrent pas directement dans la grande vallée suisse [1]; dans le Val-de-Moutiers-Travers, en avant de Fleurier, où l'on rencontre, comme l'avait remarqué **Deluc**, autant de pierres primitives que si l'on était dans une vallée des Hautes-Alpes; et cependant on est là à cinq lieues de l'ouverture de la vallée du côté du lac, et cette vallée, près de son ouverture, est, pour ainsi dire, fermée par les deux défilés de la Clusette et des Ocillons.

Pour expliquer cette distribution dans l'hypothèse des courants, il faudrait admettre, avec **M. de Buch**, des veines fluides étagées et marchant parallèlement en entraînant les blocs provenant de divers horizons géologiques, les maintenant invariablement et les empêchant de se confondre, malgré les difficultés et les obstacles sans nombre que le grand courant devait rencontrer sur le terrain accidenté qu'il

[1] **Agassiz**, *Études sur les glaciers*, p. 278; et **J. A. Deluc**, *Voyages géologiques*; 1 vol., 1813.

avait à parcourir, les déposant chacun à sa destination sur des crêtes élevées et isolées, dans quelques vallées, sur quelques points de la plaine, au lieu d'en former une immense déjection; et enfin les préservant de chocs, de frottements qui auraient inévitablement émoussé les angles et les surfaces des uns et altéré le poli ou effacé les stries des autres, mais pourtant des courants assez violents pour charrier d'énormes portions de rochers, et cependant trop faibles pour détremper les couches superficielles de sables ou de galets, les morceler ou les balayer.

Sur les fronts et sur les rives des glaciers on voit journellement des blocs rejetés sur les moraines profondes anciennes et actuelles ou sur le sol dénudé à surfaces soit abruptes, soit polies ou striées; ils tombent aux pieds des talus, ils sont abandonnés par suite de l'ablation déterminant l'abaissement de la surface et des rives ou la retraite des tranches terminales; nous pouvons observer toutes les phases de leur marche et reconnaître de quelle manière ils s'arrêtent lorsque, parvenus au terme de leur course lente et uniforme, ils se séparent définitivement ou temporairement de leurs supports de glace.

Ce qui se passe aujourd'hui sous nos yeux s'est produit exactement, mais sur une plus grande échelle, à une époque reculée; *la même cause seule a pu produire des effets identiques*, et toutes les circonstances accessoires qui, aussi bien que la distribution, les formes et les stries des blocs éloignés des Alpes, prouvent l'action exclusive de la glace dans ces phénomènes extérieurs, qu'il fallait bien rapporter à des causes imaginaires quand on a voulu expliquer la formation des dépôts superficiels de la terre avant d'avoir observé les faits et étudié le rôle propre à chacun des deux agents de destruction et de reconstruction : l'eau et la glace; le premier agissant partout sous nos yeux et le second ne fonctionnant que dans quelques contrées considérées autrefois comme inaccessibles, où l'on a fini cependant par aller l'étudier.

Groupes ou nappes du terrain erratique.

H. 53. On sait aujourd'hui que le terrain erratique est divisé en un certain nombre de groupes de roches, ou en nappes dont les limites respectives restent parfaitement distinctes, ainsi que **M. Guyot** l'a si bien démontré dans plusieurs Mémoires dont je ne puis mieux faire que de citer textuellement quelques parties.

«Si dans le bassin du Rhône, où le terrain erratique est développé sur une immense échelle, on observe les principales roches caractéristiques des dépôts superficiels, telles que le granite talqueux, le

gneiss chloriteux, les chlorites, les euphotides, les serpentines, on voit que leur répartition s'est faite suivant une loi générale dont on retrouve l'application dans tous les bassins, dans les hautes vallées, dans la plaine, aussi bien que sur les proéminences extérieures (*Pl. 15, fig. 4*).

« Le granite talqueux ou arkésine, le gneiss chloriteux et les chlorites verdâtres ou roches de Bagnes constituent un groupe à part que M. Guyot nomme roches Pennines, provenant des massifs de la grande chaîne des Alpes, depuis le fond de la vallée de Bagnes et d'Outremont jusqu'à celle de Viège et au-delà. A ce premier groupe viennent se joindre les roches du Monte-Rosa, comprenant trois espèces particulièrement caractéristiques, savoir : les *euphotides de Saas*, provenant exclusivement des hautes cimes du Saasgrat, les *éclogites*, qui leur sont associées et que l'on retrouve exceptionnellement à l'Ouest du Saasgrat, dans les moraines du glacier de Finelen; enfin les *serpentines* compactes ou schisteuses du Monte-Rosa.

« Ces roches représentent dans la plaine la grande chaîne centrale ou Pennine; les espèces suivantes, les massifs latéraux du Mont-Blanc et de l'Oberland-Bernois.

« Les granites du bassin du Rhône constituent les blocs gigantesques épars sur les pentes du Jura : les uns à base de feldspath blanc dans lequel l'amphibole et une substance chloriteuse remplacent ordinairement le mica et forment des amas d'un vert noirâtre et qui prend en règle générale une couleur vert clair que lui donne une substance talqueuse d'une apparence terreuse. Ce sont les protogynes du Mont-Blanc, dont il existe plusieurs variétés résultant de la structure et du développement des cristaux souvent maclés ou de la proéminence de l'une des parties constituantes. Les unes, les protogynes à structure gneissique et à cristaux extraordinairement développés, appartiennent aux aiguilles de Chamounix, au revers N.-O. de la chaîne; celles du Val-Ferret, sur le revers N.-E., ont le grain plus égal, quoique les cristaux soient encore très-développés; enfin les protogynes à petits grains et pauvres en parties talqueuses, et passant à un véritable gneiss, se trouvent plutôt dans l'extrémité Nord, entre Saint-Maurice et Martigny, comme dans le Mont-Catogne.

« La seconde sorte de granite diffère des précédentes par plusieurs caractères : les cristaux ne dépassent pas une grandeur moyenne; ils sont plus confusément cristallisés et ne sont jamais maclés; le mica ou les substances qui le remplacent sont plus disséminés et d'un vert

plus clair. Rarement on y remarque des amas noirâtres empâtés dans leur masse; les parties talqueuses sont souvent peu abondantes et l'aspect de la roche est généralement plus blanc.

« Ces granites, provenant du glacier du Rhône et du massif de l'Oberland-Bernois par les glaciers de Viesch et d'Aletsch, sont les mêmes que ceux qui, sortant des revers opposés du même massif, se sont écoulés par la vallée de l'Aar.

« Les poudingues de Valorsine, qu'on retrouve non-seulement dans cette localité, mais encore sur la rive droite du Rhône, près de la dent de Morglet et à la montagne de Fouilly, accompagnés de conglomérats et de schistes rouges lie-de-vin, appartenant à la même formation.

« Enfin un nombre prodigieux de galets de toutes grosseurs d'un quartz ordinairement jaunâtre, répandus plus abondamment dans le bassin du Rhône que dans aucun autre, et dont la présence aux abords de ce bassin annonce invariablement la proximité des autres roches erratiques.

« La répartition de ces espèces de roches dans le bassin inférieur n'est point accidentelle, et elle a lieu suivant un ordre et un triage particuliers; telle espèce se trouve dans une partie du bassin, et ne se trouve que rarement ou pas du tout dans une autre. Ces blocs, à partir du lieu de leur origine, tendent à former des bandes parallèles, et quand, arrivés dans la plaine, ils peuvent s'étaler sur de grandes surfaces, ils ne conservent pas moins des dispositions respectives analogues à celles qu'ils avaient dans leurs gîtes primitifs; enfin des groupes, composés chacun d'une seule espèce de roche à l'exclusion de toute autre, se rencontrent çà et là et au milieu de roches d'espèces variées.

« Ainsi les roches Pennines, l'arkesine, le gneiss chlorité et les chlorites granuleuses, sont de beaucoup les plus répandus; elles couvrent les trois quarts de la surface du bassin; elles marchent toujours ensemble et forment un groupe qui se comporte presque comme une seule espèce. En les prenant depuis leur point de départ, depuis le débouché de la vallée de Viège et du Val-d'Érin, elles suivent le flanc gauche de la vallée du Rhône, sans jamais passer sur la rive opposée; à l'issue des vallées d'Entremont et de Trient, elles s'associent aux granites du Mont-Blanc qui les accompagnent en formant la lisière extérieure. Au sortir de la vallée du Rhône elles s'étalent en un large éventail et remplissent le bassin du Léman et celui des

lacs de Neuchâtel et de Bienne. On les retrouve à la fois le long des pentes extérieures des chaînes du Chablais, au pied du Salève, dans toute la plaine de Genève; elles couronnent de blocs prodigieux le Mont-de-Sion; elle constituent la majorité des blocs suspendus au revers du Jura, depuis le fort de l'Écluse jusqu'au pied de la Dôle, ainsi que les blocs moins nombreux qui sont épars dans le pays de Gex et sur les hauteurs de la Côte jusque dans les environs de Lausanne. Plus à l'Est, ces mêmes roches, mais en blocs moins volumineux et relativement moins fréquents, jonchent les pentes du Jura et forment avec les granites du Mont-Blanc la zone supérieure de l'erratique.

« Dans la plaine, où les granites paraissent à peine, elles dominent de nouveau et couvrent de leurs débris toute la plaine de l'Aar, les collines molassiques, entre Soleure et Berne, et s'étendent jusque dans les environs de Zofingen et d'Aarbourg, où des blocs de chlorite, derniers représentants des roches Pennines, marquent le point de jonction des anciens glaciers du Rhône et du revers Nord de l'Oberland-Bernois.

« Ces roches sont *les seules* qui pénètrent dans les hautes vallées du Jura; au-delà de la limite marquée dans le Jura-Neuchâtelois par les grands blocs de granite et des roches polies, au-delà des trois premières chaînes, et plus loin encore, on rencontre dans les hautes vallées, jusqu'à plus de 700 mètres d'altitude, des dépôts erratiques composés de fragments et de blocs dont les plus volumineux atteignent rarement un mètre, accompagnés de nombreux galets de quartz, d'origine exclusivement Pennine, témoins irrécusables de l'extension des glaciers et de l'absence de blocs granitiques à la surface de l'ancien glacier, à l'époque où il se retirait vers l'intérieur des bassins de Neuchâtel et du Léman. On n'y rencontre aucun bloc, soit des granites du Mont-Blanc, soit des poudingues de Valorsine, qui ne commencent à paraître que dans les vallées du Val-de-Travers, de Ruz et de Wallorbe.

« Les chlorites qui viennent en plus grande abondance de la partie inférieure de la vallée du Rhône tendent à conserver leur position extérieure le long de la rive gauche du bassin; elles remontent très-haut sur les chaînes du Chablais, sans atteindre toutefois la hauteur des granites; mais elles laissent au-dessous d'elles les arkésines qui n'occupent guère que le pied de ces hauteurs; elles sont encore en blocs de plusieurs mètres au Mont-de-Sion; au-dessus du pays de

Gex, sur les confins du Jura-Vaudois et du Jura-Neuchâtelois, elles reparaissent plus fréquentes en gros blocs.

« Le gneiss chloriteux, quoique abondant, ne forme que très-rarement de gros blocs; sa présence est liée à celle de l'arkésine, la plus répandue de ces trois roches. On la trouve le long de la rive savoyarde du lac de Genève; elle forme la majorité des blocs du Mont-de-Sion, du Vouache et du pays de Gex. Plus à l'Est, elle accompagne en blocs nombreux les granites du Jura. Dans la plaine, elle abonde entre Neuchâtel, Fribourg et Berne, et elle forme presqu'à elle seule, à quelques lieues de Soleure, les plus gros blocs connus, non-seulement du bassin du Rhône, mais de la Suisse entière; le grand bloc de Steinhof et ceux du Steinberg.[1]

« Ainsi donc, les roches Pennines se trouvent dans presque toute l'étendue du bassin, excepté sur la rive droite de la vallée du Rhône, et hors des Alpes, dans les contrées situées au pied des montagnes de la Gruyère.

« Les roches du Monte-Rosa se comportent comme une seule espèce; elles suivent à peu près les allures des roches Pennines qu'elles accompagnent presque partout à l'état de galet; mais elles ne les suivent pas dans les plus grandes hauteurs, et elles affectent plus particulièrement la plaine et les coteaux inférieurs : la plaine de Genève et les coteaux qui la bordent, le pays de Gex et surtout les environs de Nyon, sont les localités où elles abondent principalement. Dans la partie orientale du pays de Vaud et plus loin vers l'Est, les blocs d'euphotide deviennent d'une grande rareté; elles reparaissent cependant en abondance, associées à la serpentine, entre Berne et Burgdorf, où elles caractérisent toute une région du bassin.

« Ainsi, l'on voit que les deux régions dans lesquelles les roches du Monte-Rosa sont les plus abondantes, sont l'une et l'autre sur la droite de celles où dominent les roches Pennines. Et ici encore on retrouve une disposition qui rappelle la situation relative des vallées d'où elles sont descendues.

« La répartition des granites du Mont-Blanc offre des caractères remarquables; on les trouve à la fois à la limite supérieure de tout l'erratique, le long de la rive gauche du bassin, sur les hauteurs du Chablais, le long des pentes opposées du Jura. Cette dernière localité

DA. [1] Le bloc de Steinhof a 2080 mètres cubes; le bloc monstre sur le Montet (canton de Vaud) a 1900 mètres cubes; le Blaustein (dans la vallée de Saas) a 8360 mètres cubes.

paraît même, contre toute attente, être le domaine spécial de cette roche, où elle est disposée en bandes continues à limites tranchées.

« Sur les flancs de la chaîne de Chaumont, la limite supérieure des blocs est marquée par des blocs de granite très-volumineux, formant une zone qui se partage en s'abaissant vers l'Est, sur les hauteurs de Chaumont, au pied du Chasseral et par les vallées d'Orvins et de Vauffelin ; au-dessous de cette première zone est un intervalle de plus de 200 mètres de hauteur tout-à-fait dégarni de gros blocs. Mais bientôt on rencontre une seconde zone de plus d'un kilomètre de large qui couvre les plateaux de Pierre-à-Bot d'une quantité de blocs tout aussi gros et plus nombreux que ceux de la zone précédente ; elle se prolonge de l'Est à l'Ouest dans tout le pays de Neuchâtel.

« Deux seules espèces de roches forment cette traînée de gros blocs, c'est la protogyne du Mont-Blanc, à très-gros cristaux de feldspath, provenant des aiguilles de Chamounix, et en général du revers occidental de la chaîne, accompagnée d'une sorte de gneiss gris dont on retrouve des masses identiques dans la chaîne des Aiguilles-Rouges.

« Les granites du Haut-Valais ou du flanc droit de la vallée jouent un rôle très-secondaire dans la plaine : assez nombreux en Valais et sur la rive droite du Rhône, ils sont repoussés par les poudingues de Valorsine vers l'intérieur du Bassin, et ils suivent une courbe qui passe sur le Jura, entre Lausanne et Vevey, tourne à l'Est sur les plateaux environnant Moudon; puis, suivant les hauteurs du Nord de Romont, viennent rejoindre les Alpes de Fribourg au pied de la Berra.

« Les poudingues de Valorsine, avec les conglomérats rouges lie-de-vin, ont un domaine plus distinct que toute autre roche. Ils occupent à eux seuls la rive droite du Bassin, et, depuis le débouché de la vallée du Rhône, couvrent le plateau du Jorat jusqu'aux environs de Lausanne. Les conglomérats rouges se tiennent presqu'exclusivement à la limite supérieure, le long de l'extrême rive droite, sur les hauteurs de la chaîne qui domine Semsale, sur le Moléson et la Berra. Les blocs de Valorsine proprement dits occupent, à l'exclusion de toute autre roche, ou peu s'en faut, les hauteurs qui dominent Vevey. Ils forment une large zone qui, au sortir de la vallée, s'infléchit au Nord-Est et couvre tout le pays, entre les Alpes d'une part et les hauteurs au Nord de Rue et de Romont, jusque dans les environs de Fribourg et du Gouggisberg. On les trouve encore très-nombreux et mêmes dominants, mais mêlés aux roches Pennines et aux granites, sur tout le plateau entre Lausanne et Yverdon, et sur

toute la rive méridionale du lac de Neuchâtel; ils sont rares sur la rive septentrionale de ce lac et au pied du Jorat, où ils montent rarement dans la hauteur.

« Les galets de quartz généralement répandus dans tout le bassin du Rhône ont dû être compris au nombre des roches les plus caractéristiques; cependant les quartzites paraissent accompagner plus particulièrement les roches Pennines, et forment la seule trace erratique reliant la région des blocs extérieurs au Jura avec le terrain erratique que l'on trouve étalé dans le fond des hautes vallées de cette chaîne. Ici ils sont associés aux roches Pennines comme de coutume; et c'est ainsi qu'à l'extrémité orientale du bassin le plus éloigné des gîtes primitifs, que dans les environs de Zofingen, non loin des nappes erratiques de la Reuss, une grande abondance de galets de quartz annonce subitement l'approche du bassin du Rhône. Ils sont seuls d'abord, mais à quelques centaines de mètres plus loin se montrent quelques chlorites granuleuses; les talschistes et les granites succèdent enfin et ne laissent plus de doute : on est en plein bassin du Rhône.

« Ainsi, on le voit, la distribution des roches erratiques dans ce bassin, aussi bien que dans tous les autres, est soumise à une loi selon laquelle les traînées de roches de mêmes espèces conservent dans la plaine une position déterminée qui leur est assignée par la situation respective des vallées d'où elles sortent. *Les roches qui proviennent des vallées latérales les plus rapprochées du bord de la vallée principale gardent les bords sur l'une et sur l'autre rive, tandis que celles qui sortent des affluents les plus reculés tiennent le centre.* »

Cette disposition que l'on observe *sans exceptions* dans tous les bassins erratiques semble cependant avoir subi d'importantes modifications dans celui du Rhône, où les matériaux n'affectent pas entr'eux les séparations tranchées qu'ils offrent dans les dépôts de la vallée jusqu'au point où elle débouche sur le Léman; mais leur mélange, toujours incomplet, s'explique parfaitement dès que l'on jette les yeux sur une carte du bassin où l'on a tracé les limites de l'ancien glacier du Rhône.

Tout le bassin entre les Alpes et le Jura, des environs de Soleure à Genève, a été recouvert par les glaces débouchant de l'étroite vallée du Rhône, à l'issue de laquelle elles ont pu s'étaler et former une nappe ayant la forme d'un immense éventail (*fig. 5, pl. 15*). Près de Genève, elles ont rencontré les glaciers de l'Isère, de l'Arve et de la Drance dans un défilé insuffisant pour l'écoulement d'aussi puissantes

masses de glaciers : ainsi arrêtées ou refoulées, elles ont dû chercher une autre issue et se reporter vers le Nord-Ouest, où le bassin s'élargit par l'écartement graduel des deux chaînes, mais en suivant à l'Ouest les contre-forts du Jura qui ont rejeté la mer de glace du Rhône vers le Nord-Est, dans la direction des glaciers de l'Aar, sur la rive gauche duquel elle vient s'appuyer et se terminer vers Zofingen.

Dans ces mouvements de fluctuations et d'écoulement suivant deux directions opposées, les moraines superficielles ont suivi la marche du glacier, et leur répartition compliquée en apparence n'a cessé cependant en réalité d'être normale. Ainsi les granites du Mont-Blanc, constituant la moraine latérale gauche du glacier, s'étalent vers Genève; les poudingues de Valorsine et les euphotides occupent le centre, tandis que les roches de la chaîne de l'Oberland suivent la rive droite; et aussitôt que l'écoulement vers le Nord-Ouest a commencé à avoir lieu, les bandes superficielles ont suivi le mouvement de conversion, parallèlement les unes aux autres, les granites du Mont-Blanc contournant la barrière jurassique en formant les zones extérieures et les poudingues, les roches Pennines au centre, tandis que les matériaux des Alpes-Bernoises sont repoussés à l'extrême limite droite, suivant laquelle ils se perdent peu à peu, accompagnés des matériaux des moraines centrales appartenant à une section plus puissante, qui comprime et dépasse celle que constituent les affluents de la droite du Valais.

L'arrangement et la distribution des matériaux erratiques s'observent donc, non-seulement comme on l'a vu précédemment dans les moraines profondes, mais encore dans les moraines superficielles des glaciers représentées par les champs de blocs, par des barrages souvent puissants, par de longues traînées latérales marquant les stations des anciens glaciers aussi bien que celles des glaciers actuels. Et cet ordre remarquable ne permettra plus de confondre les dépôts erratiques et les déjections alluviennes dans un même groupe de formations. Et quand on aura reconnu et déterminé à la surface de la terre les formations que les glaciers seuls ont pu produire et les accumulations dues à l'action exclusive ou combinée des cours d'eaux, il ne restera plus qu'à rechercher des traces de ces grandes *débâcles diluviennes qui ont dû précéder la période glaciaire ou quaternaire*, ou se produire soit pendant la diminution des anciens glaciers, soit après leur disparition complète des chaînes de montagnes inférieures à la limite des régions glaciaires actuelles, mais que quelques auteurs

continuent à indiquer tantôt dessous les dépôts erratiques anciens *non contestés*, tantôt dessus, suivant les besoins des théories qu'ils admettent et dont, malgré de persistantes recherches, je n'ai pu jusqu'ici parvenir à entrevoir le moindre lambeau, la moindre trace.

Les divers auteurs qui ont étudié les formations glaciaires ont cité des exemples de blocs disposés dans les basses vallées ou perchés sur des crêtes et sur des plateaux. **De Saussure** cite particulièrement les blocs du Salève, l'énorme rocher situé sur «le passage de la «Tête-Noire et qui est, dit-il, d'une si grande taille qu'on serait tenté «de le croire né dans la place qu'il occupe; on le nomme Barme-«Rousse, parce qu'il est encavé au-dessous, de manière qu'il pour-«rait servir d'asile à plus de trente personnes à la fois.»[1]

M. de Charpentier a décrit quelques-uns de ces blocs....[2]

Dans le fond des vallées des Alpes on rencontre à chaque pas des amas de blocs erratiques, moraines frontales éparpillées par suite de la diminution des glaciers; et on serait vraiment embarrassé s'il fallait choisir et indiquer les localités où l'on doit particulièrement les observer.

Je citerai cependant dans la vallée de l'Aar les blocs du Kirchet dispersés au sommet d'un barrage de rochers calcaires fermant presqu'entièrement le bassin d'Imgrund, à l'exception d'une fente étroite au fond de laquelle les eaux s'écoulent; ceux qui se trouvent si nombreux et si volumineux à l'entrée des gorges de Lauterbrunnen, dans les vallées du Rhône et de la Doire, de Val-Tournanche, etc. Dans cette dernière localité, la vallée offre à l'amont du village de Val-Tournanche des défilés étroits et tellement encombrés de blocs provenant du revers méridional du massif du Mont-Cervin, que le lit du torrent disparaît et se trouve recouvert par une sorte de voûte irrégulière, formée de quartiers de rochers entassés sans ordre et sur lesquels il a fallu établir la *route de la haute vallée*, sorte de chemin raboteux et d'un accès rendu fort difficile par l'irrégularité de sa pente et par des plis inévitables sur un sol aussi accidenté; la *pl. 29* représente un de ces passages.

Sur les flancs des montagnes extérieures aux Alpes, les zones du Jura, du Salève, les blocs de la colline de Turin (*Pl. 24, fig. 2 et 3*); dans l'intérieur, ceux de Monthey, des hauteurs d'Aletsch (*fig. 1*);

H. [1] **De Saussure**, *Voyages*, T. II, § 103.

DA. [2] Voyez T. III, p. 9, de nos *Matériaux pour l'étude des glaciers*.

s blocs perchés sur les dômes moutonnés de Hasle, du Haut-Valais, es vallées du Rhin ; sur les cols, ceux du Saint-Gothard, de Barme-tousse à la Tête-Noire, etc.; enfin sur les moraines extérieures, coux le Pianezza, de Rivoli, de Bollegno, d'Ivrée, d'Olegio, sur les hautes errasses erratiques fermant le bassin du lac Majeur.

Époque glaciaire ou erratique.

H. 54. L'*époque glaciaire ou erratique* comprend deux périodes successives et intimement liées l'une à l'autre : la première, ou la plus ancienne, à laquelle appartiennent les dépôts inférieurs ; et la seconde, ou actuelle, à laquelle se rapportent tous les phénomènes géologiques des temps modernes, mais dont on ne saurait fixer chronologiquement le commencement, pas plus qu'on ne peut en évaluer la durée ni le terme.

Cette époque, dont la première période est habituellement nommée *quaternaire*, parce qu'elle a suivi dans l'échelle géologique les formations dites *tertiaires*, ne paraît cependant pas avoir succédé tout-à-coup et à la suite d'une révolution subite ou de changements complets, absolus, à la série des dépôts supra-crétacés ; mais elle s'est établie et écoulée graduellement par diverses transitions jusqu'au moment où les phénomènes qui la caractérisent tout particulièrement devaient seuls, et pendant de longues séries de siècles, se produire à la surface de la terre ; puis ensuite s'affaiblir, se localiser et se réduire au régime final, temporaire peut-être, sous l'influence duquel nous vivons aujourd'hui.

A la suite des dernières assises de la série supra-crétacée, on voit paraître des dépôts d'une nature entièrement différente, des sédiments déposés dans le sein des eaux et constitués par des matériaux de diverses provenances, des sables, des argiles, des galets et des blocs souvent volumineux, débris triturés, broyés, roulés, usés ou frottés, et *transportés* loin de leurs gisements primitifs et étalés sous forme de nappes dans les fonds des vallées, dans les plaines, sur les flancs et sur le sommet des montagnes.

L'aspect de ces *dépôts de transport*, qui se rencontrent dans toutes les contrées du globe et toujours dans des circonstances analogues, à partir d'un même horizon géologique, repéré par les assises supérieures des pliocènes, leur nature si différente de celle des terrains auxquels elles succèdent *sans intermédiaire*, *la confusion apparente* de leurs éléments constitutifs, leur prodigieux développement en étendue, en puissance, tout concourait à amener les premiers observateurs à attribuer la production d'un phénomène aussi général à une cause extraordinaire agissant avec une extrême violence.

Êtres organisés dans les terrains de transport. — Cavernes d'ossements.

H. 55. On a pensé que, sous l'influence de cette *action mystérieuse*, les êtres organisés existant à la surface de la terre avaient dû quitter les terrains qu'ils habitaient, et, violemment atteints et frappés peut-être par un cataclisme universel, disparaître tout-à-coup sous d'immenses ruines, parmi lesquelles se retrouvent leurs débris épars, témoins de l'état de la population d'alors et du fait géologique dont nous recherchons à comprendre et à déterminer la véritable cause.

Et en effet, les dépôts superficiels ou de transport renferment çà et là des débris d'êtres organisés, soit disséminés, soit accumulés en grand nombre, appartenant soit à des espèces qui ont *entièrement disparu* et dont quelques-unes n'ont plus de représentants vivants des mêmes genres, soit à des espèces perdues, mais dont les genres existent encore à l'époque actuelle; soit enfin des débris d'espèces encore vivantes, mêlés aux ossements des espèces perdues : les espèces des deux premières catégories étant considérées avec raison comme appartenant à une époque antérieure à la formation des dépôts superficiels ou quaternaires, qu'on attribue à une immense inondation, à une sorte de déluge universel antérieur à la création de l'homme, et auxquels les géologues ont donné autrefois la dénomination de *diluviens*, que quelques-uns leur conservent encore. Aussi les débris fossiles qu'on y rencontre et dont la préexistence est incontestable sont-ils considérés comme représentant des animaux différents de ceux de notre époque, dont on les distingue assez habituellement en leur appliquant la qualification d'*anté-diluviens*.

Parmi les espèces perdues et dont les genres ont disparu sont les *Mégathériums*, les *Mastodontes*, les *Palæotheriums*, les *Lophiodons*, les *Dinotheriums*, les *Mégalonix*, appartenant à l'époque supra-crétacée et qui ont passé d'une période à l'autre sans éprouver de variations, comme l'atteste l'identité de leurs débris observés soit dans les dépôts tertiaires, soit dans les dépôts superficiels.

Ces espèces communes à deux formations distinctes et qui n'ont cessé d'habiter notre continent pendant le long espace de temps qu'a duré la période supra-crétacée, et postérieurement, depuis la fin de cette période jusqu'au complet envahissement par les dépôts erratiques qui les recèlent des terrains sur lesquels ils s'étaient retirés, sont non-seulement un indice d'une transition fort lente, mais même une preuve négative, incontestable d'un brusque changement dans les conditions extérieures et d'une révolution subite ou violente, si elle n'était d'ailleurs encore confirmée de la manière la plus formelle par les

circonstances de gisements et par la parfaite conservation des débris fossiles des êtres organisés.

Les dépôts que les géologues comprennent dans un même groupe sous la dénomination de *diluvium* forment çà et là d'immenses dépôts de comblement dans les plaines, et ils recouvrent sans intermédiaire tous les terrains constituant la croûte solide du globe, les formations les plus anciennes, moyennes et les plus récentes de la série supra-crétacée. De plus, ils ont rempli les anfractuosités, les fissures verticales ou inclinées produites dans ces terrains par suite des secousses successives qu'ils ont éprouvées, et ils ont même pénétré dans les cavernes si fréquentes dans certaines formations.

Cependant ce n'est pas dans les masses inférieures de ces dépôts transportés que l'on observe les débris des animaux qui vivaient encore lorsque les dernières *couches des Pliocènes* se formaient et qui ont continué à peupler la surface de nos continents, non-seulement jusqu'à l'apparition des êtres organisés de l'époque actuelle, mais encore pendant longtemps et concurremment à ces derniers, ainsi que le prouve le mélange des débris fossiles des uns et des autres : mais ils appartiennent aux *dépôts supérieurs*, considérés comme les derniers de l'*époque quaternaire*, ou de la *division inférieure* des formations de l'époque erratique; et tout particulièrement dans les cavernes, dans les fentes des rochers enveloppés de limon, de vase, et mêlés à des fragments de roches soit anguleux, soit roulés et usés par le frottement; et souvent ces dépôts offrent diverses circonstances qui paraissent indiquer que certains animaux ont habité ces cavernes pendant plusieurs générations et que quelques-uns, les *hyènes* par exemple, y ont traîné leur proie, qui consistait souvent en débris d'éléphants ou de rhinocéros; et ces relations, ces mélanges observés en Europe, en Amérique, dans la Nouvelle-Hollande, etc., prouvent que les restes de la vie animale des temps anciens ont été introduits dans les excavations du sol en même temps que les matériaux de transport auxquels ils sont mêlés, ou pour mieux dire qui les recèlent.

D'un autre côté, la nature, les formes des cailloux roulés annoncent une action lente et suivie, mais dans tous les cas d'une très-grande énergie ou d'une extrême violence.

Quelques naturalistes ont pensé que les ossements des cavernes avaient pu y être entraînés par des animaux carnassiers qui en habitaient le fond et dont les restes se trouvent mêlés à ceux des autres animaux dont ils parvenaient à faire leur proie, et l'on cite à l'appui de cette

opinion des os de mammifères portant encore l'empreinte évidente des dents des carnassiers. Mais, ainsi qu'on a dû le remarquer aussi, il existe un grand nombre de cavernes où les débris des animaux carnassiers étant extrêmement rares ou manquant absolument, on ne saurait leur attribuer l'entassement souvent prodigieux des grands herbivores qui ont été leurs contemporains; d'autres cavités sont trop peu spacieuses pour avoir pu servir de repaires aux carnassiers de grande taille dont les débris s'y trouvent cependant en grande quantité; d'autres enfin dont l'ouverture est trop étroite pour avoir permis à ces animaux de s'y introduire à l'état de vie et de pénétrer dans les différentes salles par les couloirs étroits qui les réunissent.[1]

Aussi est-il probable que, dans le plus grand nombre de cas, les fossiles et les matériaux erratiques ont été entraînés et déposés simultanément dans les crevasses, dans les anfractuosités du sol, surtout lorsqu'on observe, communiquant à certaines cavernes, des couloirs remplis d'ossements, par lesquels le comblement de ces cavités a eu lieu jusqu'au moment où ces conduits se sont trouvés entièrement obstrués; enfin, lorsqu'on retrouve des dépôts erratiques absolument semblables à ceux des grottes groupés ou étalés à des niveaux bien supérieurs. Mais, quelle que soit la théorie à laquelle on veuille s'arrêter à cet égard, les faits ne démontrent pas moins de la manière la plus évidente que les animaux des cavernes vivaient encore au moment où les dépôts superficiels commençaient à se former et qu'ils n'ont disparu que vers la fin de la première période de l'époque quaternaire ou erratique, lorsque déjà les espèces de l'époque actuelle avaient commencé à paraître et à s'associer à ceux qu'ils ne devaient pas tarder à remplacer définitivement. Les ossements de blaireaux, de putois, de chiens, de loups, de renards, de chats, de chevaux, de daims, de chèvres, d'aurochs et de bœufs, etc., *entassés pêle-mêle* avec ceux des mastodontes, des éléphants, des hippopotames, des ours d'espèces entièrement perdues, ne laissent aucun doute à cet égard.

Ces associations de débris fossiles d'animaux perdus ou vivant encore aujourd'hui viennent à l'appui de l'opinion que j'ai précédemment émise, à savoir : qu'une révolution subite n'a pas anéanti les animaux vivant pendant la formation des terrains tertiaires, lorsque les dernières assises de ces terrains s'étant formées, des phénomènes

H. [1] Marcel de Serres, Thirria, Tournal.

géologiques nouveaux commençaient à se produire simultanément à la surface entière de la terre : que la transition d'une époque à l'autre s'est faite graduellement et sous l'influence d'une cause générale capable de produire sans secousses, sans perturbations subites et violentes, à la surface du globe, des effets qui cependant révèlent une extension, une énergie et une puissance extraordinaires de la part de l'agent qui les a déterminés.

Dépôts de transport et de comblement erratiques.

H. 56. Tous les dépôts de transport et de comblement que l'on a nommés *diluviens* et auxquels je conserverai la dénomination d'erratiques, à l'exception bien entendu des dépôts isolés formés avec le concours des eaux, tels que les tourbières, les déjections des torrents, les alluvions des rivières, offrent dans leurs dispositions, dans la distribution de leurs matériaux des rapports qu'on ne pouvait méconnaître : aussi les a-t-on compris dans un seul et même groupe.

Pour les nappes inférieures rejetées dans le fond des vallées, l'idée de débâcles, de grandes inondations devait naturellement se présenter, surtout lorsqu'on voyait les cours d'eau attaquer et remanier incessamment ces amas de sables et de galets que l'on observe partout à la base des terrains superficiels. Mais aujourd'hui, et d'après les observations que j'ai produites à l'égard des moraines profondes, il ne paraît plus possible de persister à leur attribuer une origine diluvienne. Quant aux dépôts des plateaux et de tous les lieux élevés, la loi constante suivant laquelle s'est opérée la distribution de leurs éléments constitutifs aussi bien que leurs dispositions, prouvent encore que, si des courants violents ou d'une énergie même très-faible étaient intervenus, les pentes inclinées qu'ils recouvrent auraient infailliblement et très-promptement été dénudées.

Une débâcle universelle aurait balayé tous les terrains sur lesquels ou à proximité desquels on retrouve des débris fossiles et détruit d'un seul coup les animaux de l'époque tertiaire; il faudrait, dans l'hypothèse des courants, imaginer et admettre plusieurs inondations successives envahissant d'abord les contrées basses et laissant à découvert les terres élevées sur lesquelles les animaux herbivores et carnassiers auraient pu se réfugier et continuer à vivre. Mais enfin, lorsqu'il s'agira d'expliquer le comblement des cavernes, des crevasses du sol, des plateaux et des lieux élevés, il faudra bien admettre une élévation plus considérable des niveaux des eaux d'inondation.

Dans les Vosges, par exemple, et en ne partant que de la région

moyenne où l'on indique des dépôts diluviens, les eaux auraient atteint la côte à 400 mètres au-dessus du niveau actuel de la mer et recouvert une immense portion du sol de la France et des contrées du Nord ; et même en réduisant pour chaque région le maximum d'inondation à cette limite, on arriverait bien près d'une inondation universelle.

Il serait sans doute fort difficile de faire connaître les sources des courants diluviens, faibles, moyens ou extraordinaires ; aussi s'est-on généralement abstenu de le faire jusqu'ici. Toutefois, on a dit à cet égard, qu'à la suite de soulèvements récents les eaux des mers actuelles avaient pu être momentanément déplacées et poussées vers les chaînes des hautes montagnes, et ramenées ensuite avec violence dans leurs bassins respectifs. Avec violence, il faudrait bien le croire, à en juger par les formes arrondies, par les surfaces polies des cailloux les plus durs constituant la plus grande partie des terrains superficiels attribués à ces oscillations des eaux.

Mais, après les comblements inférieurs viennent les revêtements des plans inclinés des montagnes, des plateaux élevés, toujours constitués par les mêmes éléments arrondis, usés et polis, dont les formes accusent une action énergique. Et si l'on calcule, eu égard aux sections des vallées, des hauteurs et des pentes du sol, la vitesse qu'auraient acquise les eaux atteignant ces lieux élevés recouverts de galets, on arrive à des résultats que les diluvianistes n'ont jamais songé à déterminer, à des vitesses et à des débits vraiment prodigieux. Et dans leur hypothèse on ne peut s'arrêter à des inondations produites soit par un affaissement momentané de toutes les parties du sol de la terre aujourd'hui découvertes ou à une surélévation accidentelle des eaux des mers, ni enfin à des phénomènes accomplis avec calme, lorsqu'en présence des masses transportées et des débris usés et polis des masses minérales les plus dures, ils ne cessent d'invoquer une cause *aussi violente qu'universelle.*

On sait cependant que les eaux animées de vitesses comparativement médiocres dégradent les terrains sur lesquels elles s'écoulent, et qu'elles ne peuvent dépasser $0^m,61$ de vitesse par seconde sans entraîner les graviers et les cailloux ; qu'elles entraînent les sables en parcourant $0^m,30$, et les argiles avec $0^m,15$ dans le même temps. Et comment expliquer, dans le bassin du Rhin par exemple, un courant ayant au minimum 15 mètres de vitesse par seconde, débitant dans le même temps 47,700,000 mètres cubes d'eau, et passant sur des

amas de sables et d'argiles sans consistance, sans les enlever et sans y produire le plus léger dérangement?

Le phénomène qui a donné lieu à la production des terrains superficiels avant l'apparition de l'homme, tient évidemment à une cause qui non-seulement a exercé son action d'une manière générale sur toute la terre, mais qui, à partir de la formation pliocénique, n'a cessé d'agir pendant une longue série de siècles et agit encore aujourd'hui sous nos yeux.

Et la succession des animaux dont les débris sont enfouis dans les dépôts supérieurs de la première partie de la période quaternaire, aussi bien que la constitution des dépôts superficiels et l'application des faits glaciaires observés et connus, permettent non-seulement d'apprécier, mais même de déterminer cette cause.

On admet que les Alpes entières ont été couvertes de neige et de glace vers la fin de l'époque tertiaire; hors de ces montagnes, dans l'intérieur de la France, en Angleterre, dans le Nord de l'Europe, en Espagne et en diverses contrées, on a reconnu des traces de l'action exclusive d'anciens glaciers, auxquels on attribue le transport des blocs erratiques, la formation des comblements des hautes vallées, ces immenses barrages, ces revêtements des flancs des montagnes et des cimes et des plateaux élevés, et la dispersion de tous ces énormes débris de masses minérales rejetés hors de l'enceinte des Alpes, loin des chaînes centrales d'où ils ont été arrachés.

Si donc l'on retranche des dépôts qualifiés de diluviens les accumulations gigantesques que l'on observe dans les hautes vallées, et les champs de blocs et les comblements qu'on retrouve plus loin encore, dans la formation desquels on faisait surtout intervenir les courants les plus violents, il ne restera plus de doute que sur l'origine des dépôts non moins puissants par leur étendue, mais constitués par des matériaux moins volumineux, placés à la suite des premiers et sans interruption dans les contrées basses.

Et si l'on veut admettre que des effets absolument identiques résultent de la même cause, ces doutes seront bientôt dissipés; on sait que les nappes profondes des vallées du Rhin, du Rhône, du Pô, etc., n'ont pu se former postérieurement aux dépôts erratiques anciens, à ces immenses moraines barrant presqu'entièrement l'entrée des vallées, et dont la conservation ne permet pas plus d'admettre une fonte subite des anciens glaciers, que le passage de courants beaucoup plus considérables que ceux d'aujourd'hui; si donc ces nappes ne sont pas

plus récentes, il faut ou qu'elles soient plus anciennes, ou qu'elles appartiennent au même ordre de dépôts.

Or, on ne saurait admettre que des nappes renfermant des galets, que les glaciers seuls peuvent façonner, se soient constituées lorsque ces glaciers n'existaient pas. Et finalement, si elles ne sont ni antérieures, ni postérieures, c'est qu'elles appartiennent à la période glaciaire, et qu'elles se sont produites en même temps et suivant la même loi que les comblements des hautes vallées dont elles sont contemporaines.

Et il ne reste plus de doute aujourd'hui sur le mode de leur formation, lorsqu'on observe la distribution des matériaux par bandes parallèles, le mélange des galets arrondis et anguleux enduits de boue glaciaire, et l'absence de tout classement révélant un transport plus ou moins violent sous l'action des cours d'eau sortant des glaciers et qui, autrefois comme aujourd'hui, ont pu attaquer et remanier très-partiellement les *comblements* offrant des caractères que les eaux peuvent effacer, mais qu'elles n'ont jamais le pouvoir d'imprimer à leurs alluvions et à leurs déjections.

Ces nappes sont les *moraines profondes des anciens glaciers :* on n'y a rencontré jusqu'ici et on n'y saurait trouver des traces d'êtres organisés existant alors, puisqu'ils se retrouvent dans des dépôts supérieurs, mais qui, vivant sur les terres découvertes, ne pouvaient se mêler aux matériaux des comblements inférieurs, pas plus que les ossements des espèces de notre époque ne viennent s'accumuler sous les glaciers actuels. Aussi ce n'est que dans les accumulations moyennes et superficielles qu'on doit s'attendre à les voir paraître et qu'ils existent en effet, de même qu'on retrouvera plus tard dans les moraines latérales et frontales, dans les cavités bordant les glaciers et dans les petits lacs de leurs rives, les restes des animaux qui périssent ou que nous détruisons journellement à portée de ces dépôts.

Lorsque les nappes profondes se sont formées, les animaux de l'époque précédente n'avaient pas disparu, mais ils ont pu se retirer à l'approche de l'agent qui menaçait d'envahir et qui a fini, à un moment donné, par occuper la totalité des terres où ils s'étaient réfugiés; et c'est ce qui explique l'absence des fossiles dans les dépôts inférieurs.

Les glaciers vraisemblablement existaient dans les chaînes de montagnes avant la fin de l'époque supra-crétacée, et leur extension uni-

verselle s'est accomplie peu à peu sans que les conditions de climat et atmosphériques se soient très-sensiblement modifiées, puisque les animaux de cette époque ont pu continuer à habiter les continents pendant une longue série de siècles, à en juger par le développement prodigieux qu'ont dû acquérir les anciens glaciers; ainsi le glacier occupant le bassin du Rhin, en admettant une progression moyenne et annuelle de 100 mètres, aurait mis plus de 2000 années pour s'étendre jusqu'à Schaffhouse, et plus de 7000 années pour atteindre Coblence.

Cette extension n'a pu être subite, et la terre n'a pu instantanément se couvrir de neiges et de glaces, puisqu'elle n'a cessé d'être habitée, non-seulement par les animaux de l'époque supra-crétacée, seuls d'abord, puis réunis aux animaux de l'époque actuelle jusqu'au moment où ces derniers ont à leur tour pris possession exclusive de sa surface, et par de lentes transitions.

Depuis quelques années on a constaté dans un assez grand nombre de localités le mélange d'ossements humains aux débris, non-seulement des espèces modernes, mais encore des mammifères perdus; en Amérique, en Angleterre et dans plusieurs départements de la France (la Lozère, le Gard et l'Aude), dans les cavernes de la France on a en outre trouvé, mêlés aux dépôts erratiques, divers produits de l'industrie humaine, et principalement des fragments de poteries des plus grossières, et enfin des ossements d'animaux perdus.

Et ces faits ont pu faire présumer que les espèces perdues et enfouies dans les cavernes ont été contemporaines de l'homme: ce que sembleraient confirmer les anciennes traditions des peuples de l'Amérique relatives aux grands animaux habitant le sein de la terre dont ils ébranlent périodiquement la surface.

Cependant plusieurs naturalistes, et entre autres **MM. Marcel de Serres** et **Tournal**, ont émis une opinion absolument contraire, et pensent que depuis les temps historiques les cavernes ont peut-être servi de refuges, d'habitations, de temples ou de lieux de sépulture, et que des inondations accidentelles ont pu remanier les débris d'époques successives, les disperser et les enfouir pêle-mêle dans les cavernes.

Mais certains dépôts sont à des niveaux tellement élevés au-dessus du cours des rivières actuelles, qu'ils n'ont pu être remaniés par des inondations accidentelles ou locales, et que les eaux n'auraient pu les atteindre que dans le cas d'inondations générales, non-seulement

dont on ne voit de preuves ou de traces nulle part, mais qui auraient dénudé les pentes inclinées recouvertes de sables et de dépôts d'une extrême mobilité.

Dans ces faits, on le voit, on trouve sinon la preuve, du moins l'indication d'une succession graduelle des êtres vivants avant nous et jusqu'à notre époque. Les animaux de l'époque supra-crétacée disparaissent peu à peu; ils s'associent à des espèces perdues, mais dont les genres vivent encore: puis apparaissent les animaux dont les genres et les espèces se sont conservés, et finalement l'homme offrant différents types de races distinctes qui, à des époques reculées, n'étaient point distribuées comme elles le sont aujourd'hui. Ainsi, dans les cavernes à ossements on trouve, en Belgique, des crânes qui se rapportent à la race éthiopienne; en Autriche, des têtes humaines offrant également une grande analogie avec celles des nègres; dans les vallées du Danube et du Rhin, des crânes offrant de grandes ressemblances, les uns avec ceux des anciens habitants du Pérou et du Chili, les autres avec ceux des Caraïbes.[1]

Entre les diverses périodes de l'époque quaternaire on ne remarque aucune solution de continuité, aucun temps d'arrêt indiqué par une formation particulière ou des fossiles caractéristiques. On retrouve partout des traces visibles de la cause générale qui a présidé au règlement des terrains superficiels et qui n'a cessé et ne cesse d'agir : en même temps on aperçoit à l'œuvre l'agent auquel on avait attribué tous les phénomènes de l'époque quaternaire, et il est facile de constater les effets propres de l'une et de l'autre. Les glaciers seuls règlent les comblements qu'ils exécutent, et peuvent revêtir de nappes de matériaux meubles les plans inclinés et les plateaux; les eaux corrodent et détruisent ces dépôts superficiels, transportent leurs débris pour en former des déjections de formes toutes particulières.

Ces deux causes agissaient simultanément à la fin de l'époque tertiaire, et très-probablement quelques alluvions locales ont eu lieu pendant que les glaciers se constituaient; mais ces dépôts accidentels ont été remaniés, détruits ou englobés dans les dépôts erratiques formant seuls et exclusivement la base et la masse principale des terrains superficiels; et les alluvions, pendant la période d'extension, n'ont pu se produire que dans les bassins de déversement aux embouchures des fleuves et des grandes rivières, où l'on ne saurait les séparer des

[1] Marcel de Serres. *Essais sur les cavernes à ossements.*

alluvions actuelles. Mais sur la terre elles n'ont eu lieu qu'après la retraite des glaces et aux dépens des masses erratiques ou des roches désagrégées dont les eaux étalent journellement les débris sur les dépôts glaciaires, toujours inférieurs aux déjections des torrents et des rivières, comme on l'a vu précédemment.

Si la conservation des dépôts de sables et de menus matériaux sur des plans souvent très-inclinés ne permet pas d'admettre l'intervention d'une *cause violente* dans leur transport et dans leur règlement, les galets roulés des diverses espèces minérales prouvent cependant une action très-énergique, et c'est encore à la glace que nous devons l'attribuer, puisque seule elle peut broyer, triturer, user et polir les matières les plus dures et en opérer en même temps le transport avec une *extrême lenteur*, et remplir les conditions qui ont été invariablement observées dans les comblements et qui eussent été entièrement différentes sous l'influence des courants. Pour user et polir les cailloux et les disperser au loin, ils auraient eu besoin de vitesses considérables, c'est-à-dire suffisantes pour produire une partie des effets qu'on leur attribuait, mais toujours trop fortes pour permettre à des matériaux tels que des sables, des galets, de la boue et des blocs de s'établir en grandes nappes régulières pêle-mêle, sans subir ces classements par ordre de grosseurs que présentent invariablement toutes les déjections alluviennes.

Enfin le mélange des ossements fossiles, et souvent de coquilles parfaitement conservées malgré leur grande fragilité, telles que des *Hélix*, des *Bulimes*, des *Cyclostomes*, à des cailloux arrondis et polis, est un fait qui suffirait seul pour prouver que les accumulations où ils se trouvent réunis ne se sont pas produites sous l'influence d'une cause violente, qu'ils n'ont même jamais été remaniés et qu'ils sont tombés dans les cavernes ou dans les crevasses lentement et vraisemblablement dans des amas d'eaux boueuses, comme les ossements des espèces actuelles, les galets polis ou anguleux, les sables et la boue s'accumulent dans les plis des terrains occupés par de petits lacs glaciaires sur les rives des glaciers.

Les glaciers seuls sont donc capables d'agir sur les terrains solides et sur les roches les plus résistantes avec une puissante énergie, et de former lentement et sans agitations des comblements et des revêtements réguliers, et seuls ils ont pu produire et régler à la surface de la terre les terrains superficiels des grands bassins, des plans inclinés et des lieux élevés. Ils existaient sinon avant la fin de l'époque tertiaire, du

moins en même temps ou immédiatement après ; ils n'ont pas recouvert la totalité de la surface terrestre subitement, mais à la longue et progressivement ; et ils se sont développés et réduits graduellement aussi en laissant çà et là des terrains découverts, sur lesquels les animaux ont pu se maintenir à l'abri de ces cataclysmes dont on ne retrouve les traces nulle part.

Le globe ne pouvait être habitable pour l'homme dans l'état où il se trouvait après tant de commotions diverses et toutes les révolutions qui en avaient bouleversé la surface ; ce n'était pas les débris anguleux ou pulvérulents mêmes des granites, des grès ou des diverses roches désagrégées qui pouvaient former un sol propre à la végétation, mais surtout à la culture des plantes alimentaires ; il fallait pour le constituer un mélange des diverses substances minérales distribué par grandes couches, par nappes superficielles enveloppant ou recouvrant les roches, ou comblant les immenses bassins, les cavités irrégulières et profondes qu'offraient les vallées débouchant des Alpes vers la France et l'Italie, et sortant de toutes les chaînes de montagnes. Et pour opérer ce mélange il fallait un agent aussi puissant que la glace, procédant d'une manière incessante, et malgré son mouvement irrésistible, capable d'imprimer une suffisante stabilité aux dépôts qu'il formait, et de les préserver contre les attaques des courants maintenus dans les fonds des vallées et dans des lits profonds ; ils en ont parfois débordé les talus ou les rives, mais sans acquérir assez de puissance pour causer des inondations générales qui auraient porté le désordre et la destruction sur les terrains constituant le domaine soumis à la domination et à l'exploitation de l'espèce humaine, et sur lequel la vie animale et végétale allait bientôt se manifester sous tant de formes nouvelles et prendre un accroissement considérable.

Les glaciers se sont retirés graduellement vers les cimes des hautes montagnes, où ils continuent à agir en fournissant aux cours d'eau qu'ils alimentent des détritus provenant de la trituration des masses minérales, et qui vont former dans les lacs et aux embouchures des fleuves des dépôts de sédiments, des alluvions continuelles ; depuis les temps historiques ils n'ont pas dépassé certaines limites qu'ils tendent bien à déborder accidentellement, mais dont il ne semble plus possible, dans les conditions actuelles, qu'ils puissent sensiblement s'écarter.

L'époque quaternaire n'est donc pas complète, elle a commencé au

moment où les dernières assises des pliocènes se déposaient antérieurement peut-être, et elle n'a pas été interrompue depuis lors. Sa durée ne saurait être évaluée, et cependant il s'est passé de longues séries de siècles depuis son origine jusqu'à la disparition des animaux de l'époque tertiaire, et depuis ce moment jusqu'à nos jours, à en juger par les gigantesques accumulations erratiques de la fin de la période de décroissement des anciens glaciers, comparés aux faibles moraines des plus grands glaciers connus élevées pendant les derniers siècles.

Aussi ce qui étonne, c'est moins l'universalité de la cause et sa puissance, que l'immensité du temps qui s'est écoulé pendant que se constituait la récente et mince couche des terrains superficiels recouvrant partiellement les formations plus anciennes, cette couche qui constitue tous les terrains cultivés, couverts de forêts ou encore négligés, le sol d'où nous tirons tous les produits dont nous avons besoin, celles de toutes les formations de la terre qu'il nous importait plus particulièrement d'étudier et que cependant nous ne connaissons encore que très-imparfaitement.

H. 57. J'ai esquissé aussi succinctement que je l'ai pu les phases principales du phénomène glaciaire et les traits caractéristiques des dépôts superficiels, alluviens et erratiques, formés soit par les eaux, soit par les glaciers, dans les Alpes et dans les contrées voisines de cette chaîne de montagnes. Résumé des dépôts superficiels.

Il me reste maintenant à former un tableau des dépôts superficiels distribués dans l'ordre et d'après les caractères que j'ai essayé de faire ressortir. Mais avant d'aller plus loin il ne sera peut-être pas inutile de présenter un résumé des faits et des conclusions que j'ai successivement indiqués dans les chapitres précédents.

La neige est l'élément constitutif et essentiel des glaciers; elle se renouvelle sans cesse, et l'on ne voit nulle part de *neiges perpétuelles*. Neige

Lorsque par suite de la fusion superficielle ces *couches inférieures* sont imbibées d'eau, elle se convertit en *neige à gros grains* ou en nevé, qui à son tour se transforme en *glace grenue* : c'est ainsi que se forment sous nos yeux les *glaciers temporaires*.[1] Neve

Les glaciers persistants ont eu la même origine, ils résultent des mêmes causes, et ils se sont formés à la suite de transformations identiques : mais généralement ces transformations, sans cesser de se Glaciers

[1] Voyez paragraphes DA. Neves.

Les dilatations déterminant les mouvements de progression des glaciers dans le sens de leur longueur, de leur largeur et de leur hauteur, y occasionnent des ruptures, des crevasses ou fissures transversales, longitudinales ou parallèles à leurs plans inclinés, un clivage particulier. Ces crevasses marquent la séparation des tranches, marchant avec des vitesses inégales suivant les joints de glissements; les fissures transversales ouvertes en lignes droites par suite de l'inégalité du mouvement, de l'accélération au centre et des retards de plus en plus sensibles vers les rives, s'infléchissent, se contournent et affectent des courbes circulaires et elliptiques dont les flèches sont dirigées d'amont en aval.

Les eaux, pénétrant plus abondamment dans les fissures, imbibent et saturent la glace, en augmentent la transparence et la coloration, et donnent lieu à la production des *bandes bleues marquant les joints de mouvement et les courbes des pressions.* Leurs affleurements visibles sous la neige n'ont aucune relation, aucune concordance avec les couches horizontales ou diversement inclinées des nevés ; ces joints plongeant verticalement ou sous des angles rapprochés de la verticale sont en discordance avec les joints de ces assises, et c'est à tort qu'on a cru y voir la preuve de la conversion des nevés en couches successives de glace et l'indice de la stratification des glaciers ; et ce clivage propre aux masses de glace mises en mouvement et cette discordance sont encore plus frappants dans les glaciers remaniés.

Les glaciers sont animés d'un mouvement de progression que nul obstacle ne saurait arrêter s'il est produit par les dilatations, celles-ci résultant elles-mêmes de l'accroissement des grains ou de leur alimentation, ou, en d'autres termes, tous les mouvements ont lieu en raison de l'alimentation plus ou moins considérable qu'ils reçoivent proportionnellement à leurs masses.

Ainsi, deux glaciers d'égale puissance, placés dans des conditions *identiques* et subissant une ablation uniforme, marcheront avec la même vitesse s'ils reçoivent une égale alimentation, tandis que l'un des deux restera stationnaire ou décroîtra s'il est incomplétement ou insuffisamment alimenté.

Les glaciers sont habituellement considérés comme étant de premier ou de second ordre en raison de leurs positions, de leur puissance et de leur développement. Un glacier de premier ordre est celui qui, partant d'un cirque élevé, occupe le fond d'une grande vallée, reçoit le tribut de glaciers latéraux ou secondaires et descend au-des-

sous de la limite de la région glaciaire : enfin, dans une troisième catégorie, on comprend les glaciers temporaires.[1]

Lorsqu'un glacier occupe le fond d'une large vallée et qu'il offre une large surface de glace découverte, rarement unie et toujours plus ou moins fortement ondulée, il reçoit la dénomination assez impropre de *mer de glace*, qui doit donner une très-fausse idée de l'apparence réelle des grands glaciers, quand on ne doit en juger que d'après des descriptions et des dessins plus ou moins corrects. Et si les mouvements, les ondulations de la surface d'un glacier peuvent jusqu'à un certain point rappeler les vagues d'une mer agitée, nulle part la glace ne se présente en grandes nappes nivelées offrant l'aspect de la mer ou même de petits lacs congelés ; mais elle a plutôt l'aspect de fleuves dont le cours aurait été subitement interrompu et conservant à l'état de glace leurs ondulations, leurs veines fluides, leurs rapides et leurs cataractes.

Les glaciers, on le comprend, doivent offrir des formes, des dispositions fort différentes et varier en puissance et en étendue, en raison du relief du sol, du développement des cirques et des vallées et de l'alimentation qu'ils reçoivent et des causes de désorganisation qui les arrêtent les progrès ou en favorisent la destruction.

Les glaciers principaux descendent dans les vallées, et souvent jusque dans la région moyenne des Alpes, dans les forêts et jusque dans le voisinage des terres cultivées ; d'autres s'étalent sur des plateaux, sur des parois inclinées et sont disséminés çà et là sur tous les points favorablement disposés pour déterminer et recevoir d'abondantes chutes de neige, ou favorables à sa transformation et à sa conservation à l'état de glace. — Les glaciers, à partir des cirques jusqu'à leurs pentes terminales sont ou continus, tels que les glaciers de l'Aar, du Gauli, de Viesch, d'Aletsch, etc., ou bouleversés et presque interrompus par des chutes occasionnées par des escarpements plus ou moins brusques qu'ils franchissent, tels que les glaciers du Rhône, de la Brenva, etc., ou enfin interrompus et disposés en plusieurs étages sur des plateaux séparés par des escarpements successifs, tels que le glacier du Schwartzwald, sur le flanc du Wetterhorn, du Frêne, sur le revers oriental du Mont-Blanc, etc., ces derniers sont plus particulièrement connus sous la dénomination de

[1] Les glaciers de premier ordre sont ceux qui ont plusieurs affluents et qui occupent le fond d'une grande vallée. Les glaciers de second ordre sont de petits glaciers simples, sans autres affluents, et se trouvent à de grandes altitudes. Les glaciers remaniés, régénérés, sont ceux qui sont formés par suite d'avalanches de glace

Glaciers remaniés. *glaciers remaniés.* Les uns offrent des surfaces planes ou légèrement ondulées, d'autres des crevasses souvent nombreuses et profondes, des aiguilles ou pyramides élevées, aux formes hardies et bizarres, blanches, verdâtres ou d'un bleu azuré; aussi, quand on aborde pour la première fois les accumulations de glace enfermées entre des masses colossales de rochers, dominées elles-mêmes par des cimes gigantesques, on se sent ému et pénétré d'un sentiment profond d'étonnement et d'admiration; et souvent même on éprouve une vague sensation de terreur lorsqu'on assiste à quelques-unes de ces scènes de destruction si fréquentes dans les Alpes; lorsqu'on voit des masses de glaces s'abîmer et se précipiter vers le fond des vallées sous formes d'avalanches, culbutant tout sur leur passage et accompagnées de bruits effrayants répétés par les échos et semblables aux grondements du tonnerre.

Action des glaciers sur le sol. Les glaciers impriment sur le sol des traces évidentes de leur action; ils *arrondissent, polissent et recouvrent de stries les rochers qu'ils touchent*[1]; ils opèrent le transport des matériaux qui tombent à leurs surfaces ou qu'ils détachent des parois encaissantes contre lesquelles ils viennent se heurter, en triturant, en polissant ou en striant les débris engagés entre ces rochers et la glace. Les matériaux comprimés sous les glaciers, rejetés sur leurs rives ou abandonnés à leurs extrémités, constituent les moraines superficielles, latérales, profondes et terminales, les *dépôts erratiques.*

Dépôts erratiques. Ces dépôts sont disposés en nappes ou en cônes d'éboulement, en nappes de comblement, en longs bourrelets ou en enceintes circulaires; ils sont surtout caractérisés par la présence de la *boue glaciaire,* par un mélange de galets ou de *blocs anguleux, arrondis ou striés,* distribués suivant une loi particulière par groupes distincts ou par zones parallèles.

Les débris provenant exclusivement de la décomposition ou de la désagrégation des roches constituent aussi des nappes et des cônes d'éboulement; mais ils se distinguent facilement des moraines en ce qu'ils n'offrent que des matériaux anguleux, sans mélange de boue glaciaire ou de galets arrondis, polis ou striés.

Les eaux des torrents opèrent le transport des matériaux d'éboulement ou des débris façonnés par les glaciers et contribuent au comble-

DA. [1] Cette action a lieu aux altitudes où le glacier n'est pas adhérent au sol (gelé au sol) dans toutes les saisons.

ment des bassins. Mais leurs déjections, disposées en amas de formes coniques, offrent des traces d'une action violente et un mélange confus de ces débris, dont ils altèrent le poli et font disparaître les stries.

Dépôts erratiques — détritiques — alluviens.

Enfin ces divers dépôts, auxquels nous donnerons les dénominations d'*erratiques*, de *détritiques* et d'*alluviens*, ont des caractères propres et essentiels qui, indépendammont de leurs formes extérieures quelquefois identiques, permettront de distinguer les nappes et les cônes d'éboulement résultant de la chute de roches désagrégées, soit des nappes et cônes erratiques résultant de l'action glaciaire, soit des déjections torrentielles ou alluviennes élevées par les eaux transportant et déposant, isolément ou mélangés, des matériaux provenant des éboulements de roches désagrégées ou enlevées aux accumulations erratiques.

Ces dépôts constituant la couche superficielle de la terre se divisent en trois groupes naturels dont les limites pourront, dans certains cas, ne pas paraître rigoureusement tranchées; mais ils comprennent des masses offrant toujours des *caractères essentiels* qui permettront d'en déterminer l'origine, savoir :

1er groupe : dépôts et accumulations détritiques;
2e — dépôts alluviens;
3e — dépôts erratiques ou glaciaires.

Les dépôts erratiques inférieurs à tous les autres sont les *moraines profondes des glaciers anciens et actuels*, caractérisés par des galets arrondis et polis, des blocs associés à des sables enveloppés de *Lehm* ou boue glaciaire et distribués par bandes ou zones parallèles, suivant une loi que les accumulations glaciaires présentent seules et exclusivement. Ils sont recouverts :

1° Par les moraines superficielles, frontales ou latérales, ou par les champs de blocs erratiques;

2° Par les dépôts alluviens formés dans les lacs glaciaires ou dans les bassins où les courants entraînaient et entraînent les détritus des roches triturées par les glaciers (dépôts de *Lehm*);

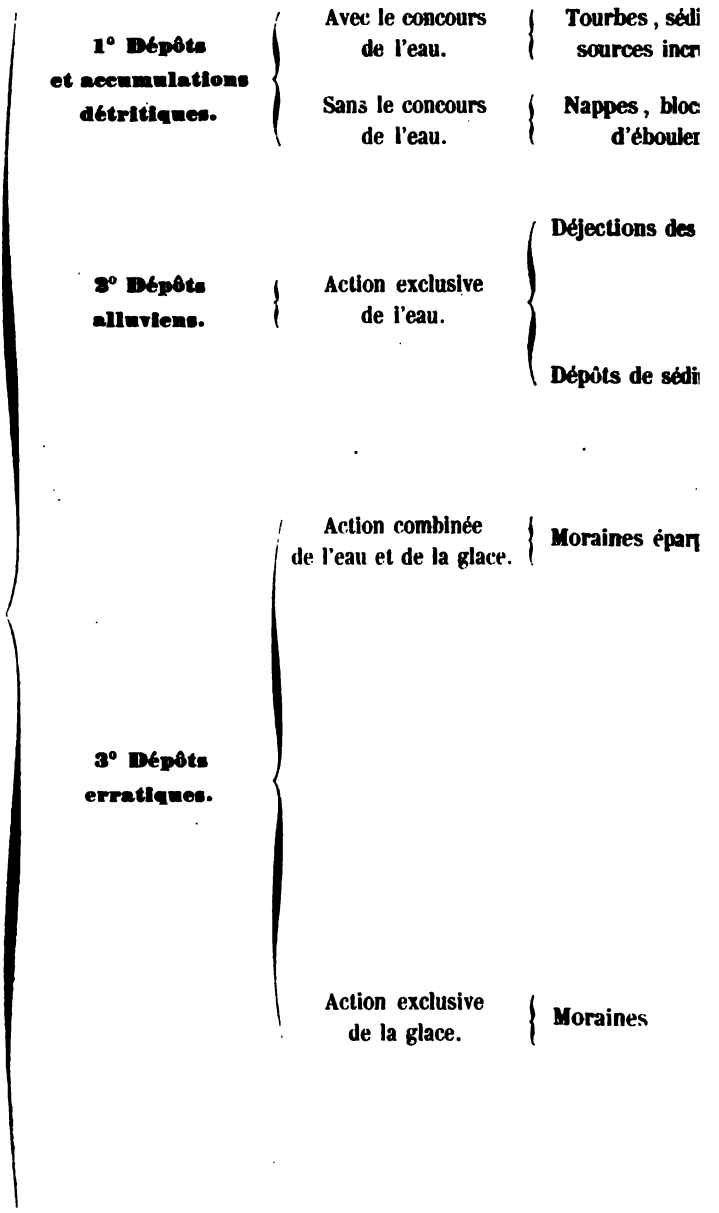
3° Par les cônes de déjection des torrents;

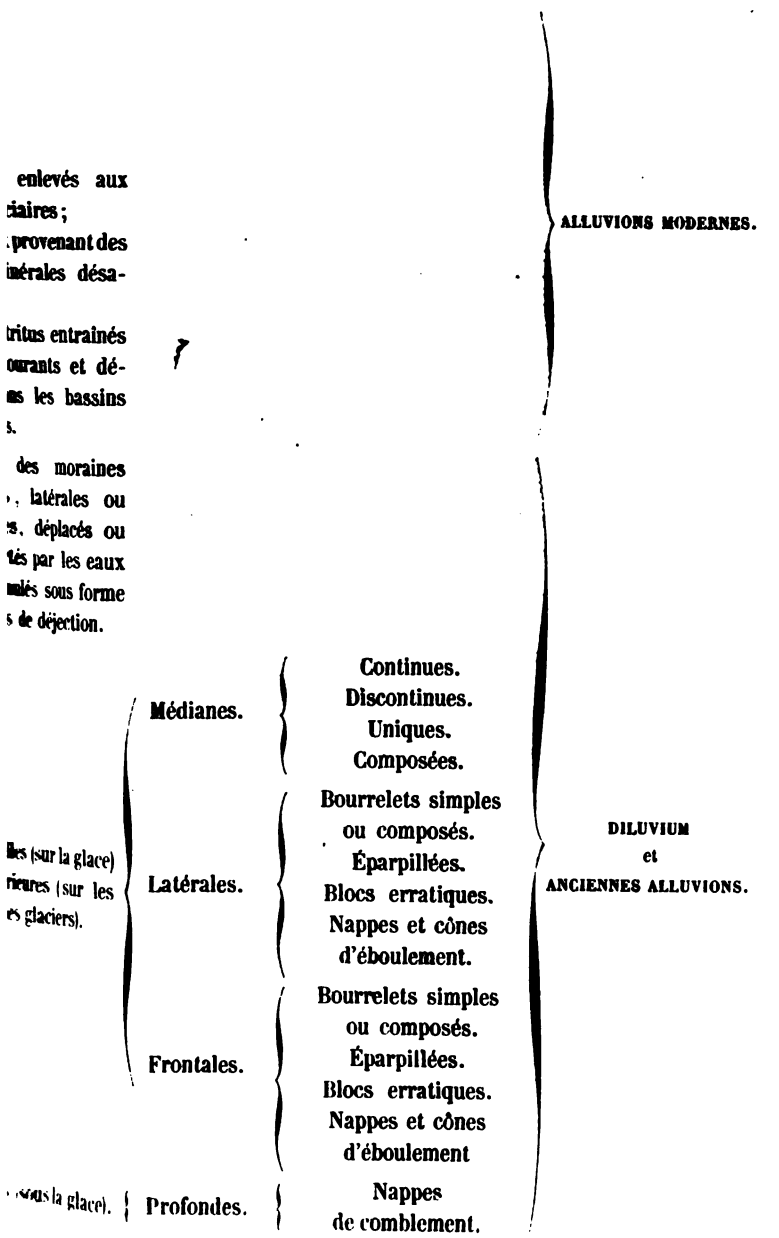
4° Enfin, par les amas tourbeux, par les sédiments des sources incrustantes et par des nappes d'éboulement.

Ces accumulations diverses résultant de l'action soit exclusive ou de l'eau ou de la glace, soit combinée de ces deux causes, et offrant des caractères que j'ai cherché à faire ressortir dans les chapitres qui précèdent, se subdivisent de la manière suivante, savoir :

Résumé et tableau des dépôts superficiels.

H. 28.




enlevés aux
tiaires;
provenant des
inérales désa-
tritus entraînés
ourants et dé-
ns les bassins
s.
des moraines
, latérales ou
s, déplacés ou
tés par les eaux
nés sous forme
s de déjection.
ALLUVIONS MODERNES.
Médianes.
Continues.
Discontinues.
Uniques.
Composées.
Latérales.
Bourrelets simples ou composés.
Éparpillées.
Blocs erratiques.
Nappes et cônes d'éboulement.
Frontales.
Bourrelets simples ou composés.
Éparpillées.
Blocs erratiques.
Nappes et cônes d'éboulement
Profondes.
Nappes de comblement.
DILUVIUM
et
ANCIENNES ALLUVIONS.
les (sur la glace)
rieures (sur les
es glaciers).
(sous la glace).

Ces différents dépôts ont été successivement considérés d'origine diluvienne et alluvienne; mais, dans ces derniers on a considérablement réduit la masse des terrains diluvier séparant la plus grande partie des formations glaciaires, et raines profondes seules sont encore, soit en totalité, soit p ment, qualifiées de diluviennes. On démontrait qu'elles ét preuves des grandes débâcles survenues lors de la *disparition* ciens glaciers; mais aujourd'hui on cherche à prouver qu'e partiennent à des phénomènes *d'une époque antérieure*, quo soient constituées par des matériaux façonnés et réglés par ciers seuls, et dans des conditions telles qu'on ne saurait plus naître leur véritable origine, ni essayer de rapporter à de violentes et subites le transport de ces matériaux répandus d les anciens bassins erratiques, sur les flancs et les sommités des montagnes, suivant une loi constante, progressivemer une cause agissant avec autant de lenteur que d'énergie.

Aussi les dépôts *diluviens*, que l'on ne rencontre nulle p devaient-ils trouver aucune place dans le tableau où vien grouper naturellement les terrains constituant la couche terr perficielle, suivant un ordre que les plus savantes hypot parviendront pas à troubler.

A Épinal, le 31 décembre 1854.

H. HOG.

TABLE

ET

EXPLICATION DES PLANCHES.

Pl. I. F. 1, 2, 3. Coupe d'un petit glacier temporaire;
2. Glace dépouillée de nevé;
1, 3. Glace recouverte d'une ou de plusieurs couches de nevé.

F. 4. Neige imbibée d'eau et convertie en grains de nevé.

F. 5. Forme attribuée généralement aux grains de nevé.

F. 6. Glace de nevé (glace bulleuse).

F. 7. Grain de glace bulleuse de glacier.

F. 8. Glace avec bulles d'air non comprimées.

F. 9. Glace avec bulles d'air comprimées.

F. 10. Petit glacier latéral, désigné par quelques auteurs sous les dénominations de *coulée de neige*, de *louine* ou de *truelle*.

F. 11. Disposition de la neige ventée contre un obstacle (plan).

F. 12. Neige ventée contre un obstacle; coupe prise sur le plan F. 11.

Pl. II. F. 1. Coupe du glacier du Faulhorn.

F. 2. Plan du même glacier à l'époque du 1er août 1852.

Longueur 91m
Largeur . . . . . 154m,8.

F. 3. Coupe suivant la longueur *A B*.

F. 4. Coupe suivant la largeur *C D*.

A cette époque la glace était recouverte de trois couches distinctes de nevé, savoir :

Couche inférieure. . . . . nevé de 1846 à 1847.
Deux couches supérieures . . nevé de 1851 à 1852.

F. 6. Plan de ce glacier en septembre 1841 :

Longueur 36m
Largeur 72m

F 7. Plans superposés de ce glacier en 1842 et 1844 :

	11 août 1842 :	24 septembre 1844 :
Longueur . .	60m	77m
Largeur . . .	148m	177m

Pl. III. F. 1. Coupe longitudinale indiquant la disposition des crevasses, les relati de la glace et du nevé et la situation de la rimaye.

F. 2. Coupe transversale d'un glacier : la flèche indique l'axe du mouvem et du gonflement.

F. 3. Courbes qu'affectent les crevasses transversales après avoir subi p dant un certain temps la marche progressive du glacier : la flèche dique l'axe du mouvement.

F. 4. Coupe de détail d'une rimaye *R*.

F. 5. Bloc n° 4, reposant sur la glace même de la branche du Finster-A à sa base il est entouré de nevé conservé ou renouvelé depuis un c tain nombre d'années; mais on ne saurait constater aucune addit de glace au pourtour de ce bloc.

F. 6, 7. Coupes transversales et longitudinales représentant les dispositi qu'offriraient les glaciers, leurs lits successifs marqués par des join des couches de débris et de blocs, si de nouvelles couches de ne converties en glace s'ajoutaient annuellement à leurs surfaces.

F. 8. Coupe d'un petit glacier temporaire situé sur un terrain peu incliné à surface régulière, recouvert de couches de nevé parallèles à la gla

F. 9. Inclinaisons que prennent les couches de nevé sur un glacier tem raire situé sur un sol irréguller, et qu'elles conserveraient si elles naient à s'ajouter au glacier en se convertissant en glace : leurs fleurements dans ce cas cesseraient d'être visibles comme dans la F.

F. 10. Réseau de fissures capillaires auxquelles quelques auteurs attribuent division fragmentaire ou par grains de la glace des glaciers.

Pl. IV. F. 1. Stratification concordante d'un nevé et d'un glacier.

F. 2. Stratification par tranches horizontales ou peu inclinées d'un ne disposé par couches parallèles supérieurement, et plus ou moins irr gulières, contournées et renflées inférieurement, suivant une surfa irrégulière de glace.

F. 3. Inclinaisons diverses que prennent les couches d'un nevé formé d'abo horizontalement, par suite de ruptures, de glissements et d'affaiss ments de quelques parties de sa base.

F. 4. Stratification discordante d'un nevé et d'un glacier.

F. 5. Coupe d'un glacier suspendu du Finster-Aar. La glace et le nevé détachent du sommet de l'escarpement, tombent à sa base, se brise et forment un cône d'éboulement, soit sur le nevé, soit sur la gla du glacier inférieur. Si le cône s'ajoute à ce glacier, on ne saur rencontrer dans cet amas une division par couches parallèles à la su face sur laquelle il s'étale.

F. 6. Coupe du glacier du Finster-Aar dans le cirque et par le col de la Strahlec indiquant la limite du nevé à l'époque du 10 août 1849 ; son épaisse dans le voisinage des blocs n°s 4 et 6 reposant immédiatement sur

glace; sa conservation au même moment au col et la présence d'un bloc placé alors sur le nevé même (bloc de 1849).

F. 7. Neige ventée (corniches) du Scheuchzerhorn (glacier de l'Aar).

F. 8. *a)* Neige ventée couronnant les pics de l'Agassizhorn.
b) Coupe de ces pics.

Pl. V. F. 1, 2, 3. Disposition de la glace d'eau dans les trous ou crevasses de la surface des glaciers.

F. 4, 5 et 6. Glace d'eau à tubes capillaires; cette glace est compacte et l'on n'y remarque aucunes traces de fissures capillaires déterminant, comme dans la glace des glaciers, une division par fragments ou par grains.

F. 7. Glacier formé de la réunion de cônes entrecroisés, dans lequel une stratification par couches parallèles à la surface ne saurait se produire, et dont la glace cependant offre le même clivage, la même division stratiforme que dans tous les autres glaciers.

F. 8. Glacier recevant latéralement des affluents sous formes de cônes dont la stratification, *si elle existait*, ne concorderait pas avec celle du glacier principal.

F. 9. Coupe d'un amas stratiforme de neige et de nevé s'étalant latéralement à la surface d'un glacier à *stratification discordante*, pour former ensuite, suivant l'hypothèse admise, une masse dont toutes les parties offriraient une stratification concordante, ce qu'on ne saurait ni admettre, ni expliquer.

F. 10. Marche d'une tranche d'un glacier *a b*, de *c* en *d* : solution de continuité produite nécessairement au point *a* : origine des fractures verticales.

F. 11. Glacier suspendu *g l* : indication des chutes successives des tranches en surplomb (*a. a. a.*).

F. 13. Trou circulaire et rempli d'eau à la surface d'un glacier.

F. 12 et 14. Coupe et plan d'un trou semi-circulaire (trou méridien) ayant un bord droit *a b* déterminé par l'ombre portée suivant un pli ou un relèvement de la glace, ou d'un amas de matériaux *m*.

F. 15 et 16. Orientations diverses *a*, *b*, *c*, *d*, que peuvent affecter les bords droits des trous semi-circulaires (*trous méridiens*).

F. 17. *a b c d*. Crevasses et puits corrodés par les eaux circulant à la surface des glaciers.

Pl. VI. F. 1. Mouvement que subit une tranche de glace de l'amont à l'aval, et du fond au-dessus, vers la surface (gonflement), suivant les directions marquées par les flèches.

F. 2 et 3. Discordances entre les couches des nevés et des glaciers.

F. 4. Axe du mouvement dans un glacier et directions que prennent les crevasses longitudinales.

F. 5. Discordance entre les couches des nevés et les plans des crevasses ouvertes ou fermées, suivant une coupe longitudinale.

F. 6. Discordance entre les courbes de ces mêmes plans et des couches de nevés, à la surface d'un glacier (plan).

F. 7. Coupe indiquant la discordance entre les couches de nevé et les plans des crevasses ouvertes dans la glace.

F. 10. Courbes discordantes des affleurements des couches de nevé et des crevasses anciennes et récentes.

F. 11 et 13. Courbes discordantes des nevés et des crevasses transversales et des crevasses longitudinales de la glace.

F. 8. Coupe transversale d'un glacier offrant une ***division imaginaire*** par couches successives, parallèles et superposées sur un terrain horizontal.

F. 9. Coupe transversale ***imaginaire*** d'un glacier stratifié dans le fond d'une vallée.

F. 12. Contournement ***imaginaire*** des couches d'un glacier stratifié (coupe).

F. 14. Couches successives des coulées formant un cône d'éboulement.

F. 15. *a b*. Onglets de clivage d'un cône de glace.

F. 17. Crevasses longitudinales et transversales d'un cône de glace (élévation).

F. 16. Division par tranches normales d'un cône de glace (coupe).

F. 18. Crevasses transversales d'un cône de glace (coupe).

Pl. VII. F. 1. Coupe d'un cône de glace sur lequel des couches successives *a b c d* de nevé se seraient déposées.

F. 2. La même coupe, sur laquelle on a indiqué par une ligne *x x'* une limite d'ablation modifiant la pente première et laissant apercevoir les tranches du nevé.

F. 3. Crevasses longitudinales d'un cône de glace (élévation).

F. 4. Clivage déterminé par un réseau de crevasses longitudinales et transversales (plan).

F. 6. Vue d'un cône de glace recouvert supérieurement de coulées de nevés et de débris de glace à contours irrégulièrement découpés et entrecroisés.

F. 7. Coupe longitudinale du glacier du Rhône par le cirque supérieur, la grande chute, le cône terminal et les moraines frontales reposant, comme le glacier, ***sur une moraine profonde***.

F. 8. Crevasses plus ou moins profondes, ouvertes ou fermées inférieurement.

F. 9. Crevasses fermées inférieurement et remplies d'eau.

F. 10. Portion de crevasse fermée inférieurement, remplie d'eau et prenant la forme d'un entonnoir.

F. 11. (Plan) et F. 12 et 13 (coupe d'élévation).

Pl. VIII. F. 1. Bandes bleues, recouvertes de couches de nevés à stratification discordante.

F. 2. Courbes de bandes transversales, offrant à la surface une fausse apparence de stratification.

F. 3. Crevasses récentes en lignes droites entrecroisées de courbes diverses de crevasses plus anciennes.

F. 4 et 5. Allongements et modifications des courbes et des crevasses ouvertes en lignes droites.

F. 6. Relations des crevasses longitudinales et transversales.

F. 7. Bloc de glace détaché d'une bande bleue.

F. 8. Le même bloc plongé en partie dans l'eau : à sa partie inférieure la teinte bleue se conserve, tandis qu'elle s'efface graduellement à mesure de l'écoulement de l'eau dont elle était imbibée.

F. 9. Coupe partielle du glacier de l'Aar, dont la surface est rehaussée ou est maintenue à une limite moyenne de hauteur, soit par l'arrivée, entre les points *A* et *C*, d'une tranche de glace plus épaisse, soit par le gonflement, soit par l'ablation faisant annuellement disparaître cette surélévation en totalité ou en partie.

F. 10. Marche d'un bloc sur la rive gauche du glacier de l'Aar : ce bloc reporté non en *B* à une hauteur *B C* égale à *A D*, mais relevé à la fin de l'hiver en *X* sur la vive où il pourrait se fixer, pendant que la surface de la glace subira l'influence de l'ablation.

F. 11. Division d'un glacier en deux branches à la rencontre d'un obstacle, au-delà duquel elles se réunissent de nouveau. Les flèches indiquent la direction des stries imprimées sur le fond du glacier, à l'amont, autour et à l'aval de l'obstacle.

F. 12. Sillon produit par le frottement d'un bloc sur la rive d'un glacier, parallèlement à la surface de la glace.

F. 13. Inclinaison des stries produites sur la rive d'un glacier par des blocs situés l'un à la surface de la glace, les deux autres dans l'intérieur. A la surface, l'inclinaison est en raison du gonflement et de l'ablation; elle peut être ascendante ou inclinée vers l'aval, tandis que pour les blocs encastrés dans la glace l'inclinaison ne peut être qu'ascendante dans les conditions de la figure 13.

F. 14. Rupture d'un glacier suivant une chute du terrain. Directions suivant lesquelles s'opère le mouvement de progression à l'amont de la chute, pendant et après la chute.

F. 15. Relèvement d'un glacier contre un obstacle.

F. 16. (Plan). Action d'un glacier sur les rochers de ses rives. Les portions touchées *s t*, *s t* sont polies ou striées : les portions en retraite *l l* ne sont ni touchées par la glace ni soumises à son action, et elles conservent les aspérités anguleuses de leurs surfaces.

F. 17. Plan à une échelle double d'une portion de la figure précédente.

F. 18. Coupe d'un obstacle franchi par un glacier poli et strié à l'amont (*s t*) et préservé à l'aval (*l*). (Les surfaces des rochers formant les parois ou se relevant dans les fonds des bassins, sont désignées sous les dénominations de : *Stoss-Seite* quand elles ont éprouvé le choc de la glace, et de *Lee-Seite* quand elles en ont été préservées.)

Pl. IX. F. 1 et 3. Action des glaciers sur leurs fonds : parties usées, polies et striées au contact de la glace, et parties préservées par suite des dispositions du terrain ; dans la figure 1, par des escarpements contre lesquels le glacier ne saurait s'appliquer, et dans la figure 3 par une crevasse étroite et profonde que recouvre la glace, mais dans laquelle elle ne pénètre pas.

F. 2. Coupe d'un petit lac glaciaire dont le fond est comblé graduellement par des couches successives de détritus, de boue stratifiée, et renfermant un mélange de blocs anguleux ou arrondis rejetés par le glacier ou provenant d'éboulements des massifs de la rive.

F. 4. Limite des roches moutonnées, polies ou striées, au-dessus du niveau actuel du glacier de l'Aar.

F. 5. Karren, K, produit sur une paroi de rocher élevée au-dessus du niveau du torrent sortant d'un glacier, au fond d'un puits ou moulin *p*, alimenté par les eaux coulant à la surface du glacier.

F. 6. Blocs fixés et retenus dans la glace, frottés à leur extrémité libre, ou entièrement dégagés et maintenus entre le rocher et le glacier qui les entraîne, les brise ou les arrondit en les faisant rouler.

F. 7 et 8. Coupe et plan d'une retenue d'eau (lac ou bassin glaciaire), permanente ou temporaire, déterminée par un pli de terrain que ne contourne pas la glace. La boue glaciaire (le *Lehm*) vient s'y déposer par couches successives et former un amas *stratifié*.

F. 9 à 18. Dispositions et formes des moraines latérales sur des parois diversement inclinées, abandonnées partiellement sur les rives ou entraînées en totalité par les glaciers. Modifications que ces dépôts subissent par suite de l'ablation et de la marche des glaciers.

Pl. X. F. 1, 2 et 3. Amas de détritus (sables et graviers), isolés sur la surface d'un glacier : la portion de glace qu'il recouvre est préservée de l'ablation qui enlève successivement, et à son pourtour, les couches indiquées à la figure 2, et finalement un cône graveleux se produit : la coupe de ce cône est donnée figure 3.

F. 4 et 5. Ondulations, enfoncements et cônes produits sur une moraine superficielle quand elle offre quelques lacunes, quelques vides sur lesquels l'ablation peut avoir lieu.

F. 6 et 7. Limite d'extension indiquée par une moraine latérale quand le glacier touche un plan peu incliné sur lequel elle peut s'établir. Mais cette limite disparaît quand la moraine latérale est appliquée contre des parois abruptes, suivant la pente desquelles elle glisse, et descend à mesure que la surface du glacier s'abaisse (F. 7).

F. 8. Modifications subies par une moraine latérale établie sur un plan peu incliné, quand la portion supérieure du dépôt, appuyée d'abord contre la glace, est abandonnée en surplomb par suite de la diminution ou de l'abaissement du glacier.

F. 9 et 10. Moraine latérale repoussée et relevée en bourrelet prismatique par le gonflement d'un glacier; puis, descendant ensuite entre le rocher et la glace quand l'ablation l'emporte sur ce gonflement (F. 10).

F 11 et 12. Retraites successives d'une moraine latérale au-dessous du niveau qu'elle occupe à la fin de l'hiver, à partir du moment où l'ablation estivale commence à se faire sentir.

F. 13. Coupe d'une moraine médiane formée de la réunion des deux moraines latérales au pied d'un éperon, à la jonction de deux branches d'un glacier.

F. 16. Coupe de cette moraine.

F. 15 et 18. Inclinaisons anormales et accidentelles de tables glaciaires.

F. 17. Table glaciaire, déterminée par un amas de terre, une plaque de gazon ou des détritus végétaux.

F. 17ª. Bloc à la surface d'un glacier donnant lieu à la production d'une table dont le pied s'élève et l'inclinaison augmente graduellement (F. 17ᵇ et

F. 17ᶜ), jusqu'à ce que l'inclinaison ayant dépassé une certaine limite, le bloc glisse en avant de la base de son support de glace et va donner lieu à la production d'une nouvelle table.

F. 19ᵃ. Bloc situé sur une pente de glace inclinée vers le Nord, donnant lieu à la production d'une table (F. 19ᵇ).

La chute de cette table ayant lieu dans la direction du Midi (F. 19ᶜ), le bloc peut se rapprocher graduellement du cône *C*, l'atteindre quelquefois et passer ensuite sur la pente méridionale *C'*. (Cette marche transversale des blocs peut, dans quelques cas, assez exceptionnels pourtant, produire une apparente confusion dans la distribution des matériaux des moraines superficielles.)

PL. XII. F. 1. Trou formé dans la glace par de petits amas de menus matériaux, échauffés par le soleil : ils font fendre la glace lorsqu'ils ne sont pas assez volumineux ou en amas assez puissants pour intercepter la transmission de la chaleur qu'ils ont acquise jusqu'à l'aire qu'ils recouvrent.

F. 2. Diverses profondeurs des trous auxquels ces petits amas donnent lieu ; elles varient en raison des diamètres de ces amas, qui cessent de s'échauffer dès qu'ils sont maintenus à l'ombre portée par la paroi méridionale ; cette ombre atteint la paroi opposée d'autant plus promptement et à une moindre profondeur, que l'ouverture de la cavité est plus étroite.

F. 3 à 8. Les mêmes amas ayant acquis une épaisseur suffisante pour cesser d'être diathermanes, et ramenés au niveau de la surface du glacier, commencent à tabler ; ils donnent lieu ensuite à la production de cônes dont les diverses transformations sont indiquées par les figures 4, 5, 6, 7 et 8.

F. 9. Marche d'un bloc *b* enfoncé dans la masse d'un glacier, et indication du point où il reparaîtra à sa surface en *x* par suite des mouvements de progression, de gonflement et d'ablation.

F. 10. Cône graveleux modifié par l'ablation : le sommet dégagé se fond, une cavité intérieure se produit, mais se trouve préservée par les détritus qui s'étalent sur ses parois ; puis ensuite l'ablation se produisant au pourtour, le cône se forme de nouveau (F. 11).

E. 12. Amas discontinus donnant lieu à la production des cônes isolés, qui finissent par se réunir lorsque l'ablation a creusé des cavités intermédiaires sur les plans desquelles les détritus s'étalent (F. 13).

F. 14. Moraine médiane établie sur une surface de glace unie, modifiée ensuite graduellement par l'ablation (F. 15), et constituant finalement un prisme dont la coupe est donnée (F. 16).

F. 17. Ancienne moraine argilo-sableuse, singulièrement découpée en aiguilles pyramidales, déterminées par un réseau de fissures verticales divisant la masse du dépôt et par le gazon qui les recouvre. Ces aiguilles sont préservées à leurs sommets par des chapeaux ou tables de gazon qui s'inclinent graduellement, comme les tables glaciaires, du côté par lequel leurs supports sont plus particulièrement exposés à l'action des vents et de la pluie (Ouest, Sud-Ouest) ; et elles finissent par tomber

soit quand ces supports sont trop affaiblis, soit quand leur inclinaison dépasse un certanie limite.

Les aiguilles n'étant plus recouvertes, se désagrègent, s'affaiblissent et tombent alors plus rapidement, et la désagrégation de leurs matériaux détermine sur elles les mêmes effets que l'ablation produit dans le régime des supports des tables glaciaires.

(Moraine latérale de Stalden, au confluent des vallées de Saas et de Saint-Nicolas, rive droite.)

Pl. XII. F. 1. Amas de blocs et de débris dans un enfoncement accidentel d'un point de la surface d'un glacier.

F. 3. Les bords de la cavité et les surfaces environnantes s'affaissent graduellement sous l'influence de l'ablation, l'amas de débris table et se transforme ensuite en un cône dont l'élévation et le développement dépendent de la masse des matériaux accumulés dans la cavité représentée (F. 1).

F. 2. Interruption d'une moraine profonde à la rencontre d'un escarpement du terrain que recouvre un glacier.

F. 4. Coupe d'un glacier indiquant les dispositions de sa moraine profonde.

F. 5. Coupe d'un banc de sable ou de menus graviers formés dans le lit d'un cours d'eau.

F. 6. Dispositions des galets répandus par les eaux à la surface des bancs de sable ou rejetés à leurs pieds.

F. 7. Lits d'accroissements successifs que représentent les bancs de sables et de galets.

F. 8. Ondulations qu'affectent les amas de sables déposés par les eaux.

F. 9. Coupe de la pente terminale du glacier du Rhône et des moraines frontales reposant sur la moraine profonde et marquant les stations et les retraites (diminutions) successives du glacier.

F. 10, 11, 12 et 14. Coupes diverses destinées à rendre compte des interruptions ou des modifications qu'offrent les moraines profondes, en raison des accidents de terrain et des plans trop fortement inclinés des flancs des vallées occupées par les glaciers.

F. 13. Coupe d'un comblement alluvien supposé sur une moraine profonde, et dans lequel les eaux auraient creusé un lit d'affouillement (F. 15).

Pl. XIII. F. 1. Coupe d'un comblement dans lequel les eaux auraient creusé des étages successifs et irréguliers au-dessous des terrasses parallèles imaginaires réglées par les eaux.

F. 2 et 4. Juxtaposition des comblements des vallées de l'Aar, de la Linth, de la Byrse et du Rhin.

F. 3. Continuité de la moraine profonde sous le glacier, sur le terrain découvert qu'il a abandonné et jusque sous une moraine frontale marquant une ancienne station.

F. 5. Coupe d'une pente terminale d'un glacier et d'une moraine frontale rudimentaire.

F. 6. Coupe d'une moraine frontale *b e c* et de sa modification en *c d f*,

que sa section transversale subira quand le glacier se sera retiré jusqu'au point *f* et au-delà.

F. 7. Réunion d'une moraine en voie de formation *x* et d'une moraine plus ancienne momentanément abandonnée par le glacier.

F. 9. Forme à deux étages qu'affectera cette moraine quand le glacier se sera retiré.

F. 8. Les moraines frontales marquent les stations et les retraites successives des glaciers.

F. 10. Moraine frontale continue formant une enceinte circulaire complète au pied d'un glacier dont la surface est entièrement recouverte par des moraines superficielles.

F. 11. Moraine frontale ou terminale discontinue ou partielle formant un bourrelet interrompu sur la rive droite et un amas conique sur le front d'un glacier dont les moraines ne recouvrent que partiellement la surface ou qui sont séparées par des lacunes plus ou moins larges.

F. 12. Forme générale d'une moraine frontale complète.

F. 13. Absence de moraine terminale lorsqu'un glacier n'est recouvert que latéralement et *partiellement* par des moraines superficielles.

F. 14. Cône représentant une portion de moraine frontale discontinue.

F. 15 et 18. Mélange accidentel des matériaux d'une moraine terminale avec ceux de la moraine profonde.

F. 16. Aspect d'une moraine terminale continue, mais ne formant pas un bourrelet régulier. Quelques portions alimentées par des moraines superficielles plus puissantes offrent des renflements plus ou moins prononcés.

F. 17. Enfouissement de blocs d'une moraine frontale dans la moraine profonde lors de l'avancement d'un glacier.

Pl. XIV. F. 1. Coupe d'un glacier suspendu. Les matériaux des moraines profonde et superficielle se répandent sur le plan incliné *a b c*, sous forme d'une nappe d'éboulement.

F. 2. Coupe d'un glacier à plusieurs étages : la moraine terminale *d* forme un bourrelet circulaire à la base du cône terminal *c*.

F. 3. Coupe d'un cône d'éboulement : indication des inclinaisons, maximum et minimum des talus.

F. 4. (Plan) *a*. Ancienne moraine terminale du cirque de Roterichsboden, dans la vallée de l'Aar, près du Grimsel : *b b*, moraines terminales de deux branches du glacier de Nægelis-Grætly, constituant, sur la rive droite de l'Aar, deux cônes d'éboulement.

F. 5. Vue d'amont du terrain compris dans le plan (F. 4).

F. 6. Déviation latérale d'un glacier atteignant un col, et y déposant, sous forme de bourrelets circulaires, ses moraines latérales : ces bourrelets sont alors les moraines frontales de la branche déviée du glacier.

F. 7. Coupe de la figure 6.

F. 8. Séparation sur un glacier, dans sa moraine terminale et sur le terrain qu'il abandonne, des matériaux distribués à sa surface par bandes distinctes et provenant de divers affluents.

F. 9. Coupe de la moraine profonde du même glacier, indiquant des dépôts séparés et juxtaposés.

F. 10. Bandes parallèles et juxtaposées des matériaux que renferme une moraine profonde d'un glacier ayant plusieurs affluents : ces matériaux seraient mélangés et confondus dans un dépôt formé par les eaux.

Pl. XV. F. 1. Chute de blocs parvenus à la crête de la pente terminale d'un glacier.

F. 2. Coupe destinée à expliquer les causes de l'absence des blocs erratiques sur certains points évidemment envahis autrefois par les glaciers (chapitre XIII).

F. 3. Bandes étagées de blocs erratiques provenant des Alpes et abandonnées sur le Jura.

F. 4. Distribution des matériaux erratiques des Alpes, du Valais, du Monte-Rosa et du massif du Mont-Blanc, dans les bassins du Rhône et de l'Aar, en avant et au-delà des lacs de Genève, de Neuchâtel et de Biel.

F. 5. Directions suivies par ces matériaux.

Pl. XVI. F. 1. Coupe du bassin du Rhône à la vallée de Moutiers-Travers, par les lacs de Genève et de Neuchâtel.

a. a. Moraines profondes;

b. b. Blocs erratiques situés à divers étages;

c. c. Atterrissements alluviens à l'entrée du lac de Genève;

d. Ancienne moraine terminale de Vevey.

F. 2. Coupe de la plus grande extension de l'ancien glacier occupant le bassin de Genève.

F. 3. Coupe indiquant les retraites successives de ce glacier et les dépôts des blocs jusqu'au moment où la moraine terminale de Vevey s'est formée.

Pl. XVII. F. 1. Glacier suspendu remanié du Mont-Cervin, du côté de Val-Tournanche.

F. 2. Coupe de ce glacier, indiquant la disposition en nappes d'éboulement de ses moraines latérales et terminales.

F. 3. Coupe transversale du glacier de l'Ober-Aar, rive droite : la moraine latérale ne touche pas aux pentes de la vallée; et dans le cas où le glacier viendrait à diminuer, cette moraine serait entraînée et n'en marquerait pas la limite actuelle.

F. 4. Coupe du glacier d'Aletsch, rive droite : une moraine latérale *m l* indique, sur le flanc de la montagne, une ancienne station du glacier. La moraine latérale actuelle, au point choisi, est maintenue par le glacier contre une paroi trop inclinée pour s'y arrêter; elle descendra ou montera en suivant les mouvements de diminution ou de progrès du glacier.

F. 5. *a b* et *c*. Marche du bloc n° 12, sur la rive gauche du glacier de l'Unter-Aar, de 1849 à 1852.

F. 6. Cônes d'éboulements glaciaires *c c*, réunis à l'ancienne moraine latérale droite du glacier d'Aletsch.

F. 7. Grand cône de la moraine médiane du glacier de l'Aar (Unter-Aar).

F. 8. Coupe entre les glaciers de Viesch et d'Aletsch. Le glacier d'Aletsch retient les eaux provenant du col séparant les deux vallées, et quand elles ont rempli le bassin compris entre ce glacier et le col, elles forment un lac (le lac Mærjelen) et se déversent dans la vallée de Viesch; au col, près des huttes, on voit des moraines latérales en bourrelets circulaires indiquant une ancienne station du glacier d'Aletsch, qui, à une époque reculée, a dû se réunir au glacier de Viesch.

Pl. XVIII. F. 1. *a b.* Pics du Thierberg; offrant de loin l'aspect d'une pyramide triangulaire entièrement recouverte de glace et de neige.

F. 1 *c.* Le même pic vu de près avec ses aiguilles, ses dentelures et ses débris, qui tombent continuellement et viennent alimenter les moraines latérales des glaciers de l'Aar (rive droite).

F. 2. *a b c.* Sommet du Finster-Aarhorn, vu de loin et de près.

F. 3. *a b.* Sommet du Simeli-Horn (massif du Faulhorn), vu de près et de loin.

Pl. XIX. Marche du bloc du Bærenritz de 1848 à 1850. En 1849 il a renversé un cembro dont il était encoré éloigné l'été précédent.

Pl. XX. F. 1. Envahissement du glacier d'Aletsch à sa pente terminale. En 1849 il continuait à couper la chaussée dite le Chemin-des-Maures et à s'avancer vers un groupe de sapins qu'il a renversés depuis cette époque.

F. 2. Envahissement du glacier de Viesch : il revient sur le rocher contre lequel il se divise en deux branches terminales et culbute une forêt de sapins.

Pl. XXI. F. 1. Moraine latérale droite du glacier de la Brenva, au pied du Mont Blanc (versant de Courmayeur).

Cette moraine barrant presque entièrement le vallon de Frene, dans l'Allée-Blanche, était partiellement recouverte de grands sapins que le glacier renverse aujourd'hui.

F. 2. Croquis indiquant, pris du point choisi pour la figure 1 et sur la rive droite de la vallée, à l'amont de Notre-Dame-de-Guérison, l'ancienne moraine latérale du même glacier : une moraine latérale plus recente, toutes deux recouvertes de vieux sapins, et le retour sur cette dernière des matériaux de la moraine actuelle.

Pl. XXII. F. 1. Coupe des Alpes bernoises aux Vosges, suivant les vallées de l'Aar et du Rhin pendant la période de grande extension des glaciers et de la formation des moraines profondes ou des comblements de ces vallées *p m*.

F. 2. Coupe de la même contrée pendant la période de diminution des anciens glaciers, lorsque les pics des Alpes commençaient à dominer le grand glacier de l'Aar.

Les pics dégagés de leur manteau de glace ont commencé alors à se démanteler et les matériaux qui s'en détachaient se répandant à la surface du glacier, ont donné lieu à la formation des moraines superficielles qui se poursuivent encore dans les environs représentées par la figure 1.

C'est pendant cette période de retraite que les premiers blocs erratiques sont parvenus à l'amont de Bâle et que se sont formées les premières moraines terminales des environs de Berne.

Plus tard, et à la suite de retraites successives, les moraines terminales d'Im-Grund et de Rœterichsboden ont été formées.

Le glacier 3, 3 est le glacier actuel de l'Unter-Aar, abandonnant sa moraine terminale sur l'ancienne moraine profonde *m p*.

Pl. XXIII. F. 3. Croquis d'une vallée glaciaire à différentes époques.

F. 1. Époque de grande extension; les pics bordant la vallée sont entièrement recouverts par la glace et la neige.

F. 2. Période de diminution : les pics les plus élevés sont dégagés; leurs crêtes aiguës et dentelées sont attaquées par les agents atmosphériques; elles commencent à se démanteler et à fournir des débris : origine des moraines superficielles et des blocs erratiques.

F. 3. Époque actuelle; la destruction des pics élevés continue; les rochers inférieurs conservent le poli que le glacier leur a imprimé pendant la période précédente.

Les moraines superficielles se développent et sont d'autant plus puissantes que la masse des matériaux d'éboulement est plus considérable.

Quelques glaciers suspendus se sont conservés sur les plateaux élevés, et de petits glaciers remaniés formés de leurs débris viennent latéralement se réunir au glacier principal confiné au fond de la vallée.

Pl. XXIV. F. 1. Blocs erratiques abandonnés sur les hauteurs dominant Naters et la vallée du Rhône par l'ancien glacier d'Aletsch, à l'aval de la tranche terminale actuelle.

F. 2. Blocs erratiques disséminés sur les anciennes moraines terminales de l'entrée de la vallée de la Doire, à Rivoli (vallée de Suze, Dora-Riparia).

F. 3. Blocs sur les anciennes moraines de la Bessa, à l'entrée de la vallée d'Aoste (Dora-Baltea).

Pl. XXV. F. 3. Moraine latérale droite du glacier de l'Ober-Aar, champs et taches de neige rouge.

Pl. XXVI. Croquis du glacier du Théodule, sur le revers de Val-Tournanche : exemple de champs de neige, de nevés et de couches de glace *stratifiés* dans la partie supérieure du glacier. Cette stratification, bouleversée par suite des éboulements continuels des masses supérieures, ne saurait se conserver dans les parties moyenne et inférieure du glacier formées de leurs débris remaniés, et dont la division, soit par couches, soit par bandes, *le clivage*, sont déterminés par les mouvements mêmes de la glace.

Pl. XXVII. Bloc erratique isolé prés du col du Saint-Gothard, sur le versant d'Andermatt.

VIII. **Blocs** erratiques disséminés sur les flancs des montagnes, dans le fond de la vallée et sur les rochers du cirque du Grimsel.

IX. **Accumulations** de blocs erratiques encombrant le fond de la vallée de Val-Tournanche, à l'amont de ce village.

X. **Envahissement** par le glacier d'Aletsch des chalets situés sur les flancs de Bell-Alp, rive droite de la vallée.

XI. **Empiétements** du glacier d'Aletsch sur la forêt peuplée de vieux sapins, (rive droite de la vallée), près de sa pente terminale.

XII. **Vue** du glacier du Rhône.

XIII. **Le glacier** de l'Aar, vu du Pavillon Dollfus.

XIV. **Distribution** des moraines superficielles du glacier de l'Aar (Unter-Aar).

XV et dernière. Carte générale des comblements erratiques anciens, récents et actuels (moraines profondes, terminales, latérales, blocs). Les matériaux de ces comblements ont été transportés, réglés ou abandonnés par les glaciers, soit pendant leur période d'extension hors des Alpes de la Suisse, soit depuis qu'ils ont commencé à diminuer jusqu'aux limites dans lesquelles ils se trouvent renfermés aujourd'hui.

H. HOGARD.

GLACIERS EN ACTIVITÉ DANS LES ALPES.

SÉJOURS

AU

GLACIER INFÉRIEUR DE L'AAR

(Unter-Aar-Gletscher).[1]

Bleibe nicht am Boden heften,
Frisch gewagt und frisch hinaus!
Kopf und Arm mit heitern Kräften,
Überall sind sie zu Haus!
Wo wir uns der Sonne freuen,
Sind wir jede Sorge los;
Daß wir uns in ihr zerstreuen,
Darum ist die Welt so groß!

(Goethe.)

. Les rochers des hautes montagnes [illegible]

([illegible])

D. I. L'année 1839 nous nous[2] étions surtout appliqués à poursuivre les phénomènes erratiques. Cette fois[3] c'était le glacier proprement dit qui allait faire l'objet principal de nos recherches, et afin de — [illegible] 1840

1. Les paragraphes D. par Édouard Desor; les paragraphes [illegible] par [illegible].
2. [illegible] et ses compagnons de voyage.
3. En 1840.

donner plus de suite à nos observations, nous résolûmes de nous établir sur le glacier même d'où nous comptions visiter les plus hautes régions. — Notre départ était fixé aux premiers jours du mois d'août conformément à la promesse que nous avions faite l'année précédente à *Zybach* (maître d'hôtel), nous choisîmes pour centre de nos opérations l'*hospice du Grimsel*.

M. Agassiz partit le 5 août 1840 de Neuchâtel, accompagné de **M. Ch. Vogt** et de deux étudiants neuchâtelois, **MM. Coulon** et **François de Pourtalès**, emportant avec lui tous les instruments nécessaires à nos observations, tels que baromètres, thermomètres, hygromètres, psychromètres, deux microscopes et le perçoir (sonde de mineur). — Nous le suivîmes, **M. Nicolet** et moi [1] deux jours plus tard.

Nous trouvâmes au Grimsel *Jacob Leuthold*, beau-frère de *Zybach* et guide de prédilection de **M. Hugi** [2]. **M. Agassiz** l'avait aussitôt pris à son service pour toute la durée de notre séjour, ainsi que *Hasler-Wæhren*, autre compagnon de **M. Hugi**. Nous avions ainsi, pour nous guider, les deux hommes les plus familiarisés avec les dangers des glaciers, les deux mêmes qui, en 1828, firent l'ascension au Finsteraarhorn. De plus, *Wæhren* était maçon de son état; il avait l'habitude d'improviser des cabanes, de manière que nous n'avions pas à craindre d'être obligés de coucher à la belle étoile. — **Vogt** venait aussi d'apprendre de *Jacob* qu'il y avait beaucoup de *neige rouge* sur le glacier, en sorte que tout se réunissait pour nous présager les plus heureux résultats.

Après avoir entendu l'avis de *M. Zybach* et de nos guides sur les inconvénients et les avantages d'un séjour sur le glacier, nous choisîmes pour théâtre de nos observations le *glacier inférieur de l'Aar* [3], vers lequel nous nous acheminâmes dès le lendemain matin pour y chercher un endroit approprié à nos recherches.

Cabane Hugi (Bloc Hugi). Nous espérions que la cabane de **M. Hugi**, que nous avions laissée l'année précédente dans un très-bon état, pourrait nous servir de gîte

DA. [1] **E. Desor.**

DA. [2] **Hugi**, professeur et naturaliste de Soleure, a été le premier après **M. de Saussure** qui a séjourné sur les glaciers. Sa cabane était adossée à un grand bloc monstre de protogyne sur moraine médiane du glacier inférieur de l'Aar (*Unter-Aar*). Ce bloc, compris dans le réseau des blocs de la triangulation, est désigné par **Bloc Hugi.**

DA. [3] *Unter-Aar-Gletscher.*

cette année ; mais nous fûmes très-étonnés de ne pas la retrouver en arrivant près du grand bloc de granite qui l'avoisinait ; la perche fixée sur le bloc avait également disparu et nous eussions pu douter que nous nous trouvions sur l'emplacemont de cette cabane, si nous n'avions retrouvé sur les pierres quelques poignées du foin dont l'intérieur était autrefois garni. Nous retrouvâmes aussi la même bouteille dans laquelle nous avions introduit un billet contenant les résultats de quelques-unes de nos observations. — Ayant ainsi acquis la certitude que c'était bien là l'emplacement de la cabane de **Hugi**, la première chose que nous fîmes fut de mesurer la distance du bloc à l'*Abschwung*[1] : elle était de 1494 mètres, par conséquent de 65 mètres de plus en aval que l'année précédente. Le glacier venait donc encore d'avancer de 65 mètres en une année.

Nous nous mîmes ensuite à la recherche d'un gîte. Nos guides auraient voulu nous loger sur les rochers de la rive gauche, où ils avaient, disaient-ils, les moyens de construire une cabane plus commode que sur le glacier. Mais il nous importait d'être près de la moraine médiane, afin de pouvoir nous porter avec la même facilité dans toutes les directions et observer avec plus de suite tous les changements de la surface. — Nous rencontrâmes sur la moraine, à environ 650 mètres en amont de la cabane **Hugi**, *un énorme bloc de schiste micacé* qui nous semblait parfaitement approprié à notre but. L'un des angles s'avançait en forme de toit, de manière qu'il suffisait de construire un mur vertical pour avoir une cabane toute faite. Mais ne pouvant achever le même jour les travaux nécessaires pour notre établissement sur le glacier, nous fûmes obligés de regagner l'hospice du Grimsel.

Construction de notre gîte.

Le lendemain, lorsque nous fûmes arrivés à l'endroit destiné à notre habitation, nos guides se mirent aussitôt à construire la cabane sous la direction de *Hans Wæhren*, qui était à la fois l'architecte et le maçon. On commença par égaliser le fond et à disposer convenablement quelques grandes dalles qui servirent en guise de plancher. On éleva ensuite un mur sec qui alla rejoindre la face inférieure de l'angle saillant. Nous garnîmes l'intérieur d'une forte couche d'herbe

1. *Abschwung :* localité où deux glaciers se rencontrent, se joignent pour ne plus former qu'une seule masse de glace. A l'*Abschwung* du glacier de l'Aar ce sont les glaciers du Finster-Aar et du Lauter-Aar qui se réunissent et prennent en aval la dénomination de glacier inférieur de l'Aar (*Unter-Aar-Gletscher*.

que deux de nos guides étaient allés recueillir sur la rive gauche du glacier ; sur cette herbe nous étendîmes une grande toile cirée pour nous préserver de l'humidité. Les couvertures furent garnies de la même herbe qui nous servait de matelas et revêtues d'un drap de lit propre qui donnait à l'ensemble un air de coquetterie rustique. Une couverture accrochée à un bâton posé transversalement au-dessus de l'entrée servait de porte ou de rideau. — Devant le dortoir nous établîmes la cuisine et la salle à manger, abrités également par la saillie du bloc, et à côté, sous un autre gros bloc, la cave, dans laquelle furent déposées les provisions.

Gîte des guides.

Après avoir terminé notre cabane, nos guides furent en construire une seconde pour leur usage, à un quart de lieue de la nôtre, sur la rive gauche du glacier. N'étant point exposée aux commotions résultant de la marche du glacier, il est probable que celle-ci se maintiendra longtemps et que ceux qui auraient le désir d'aller vérifier en détail nos observations pourront y trouver un abri pour la nuit.

Nous nous couchâmes avant la nuit, car nous étions impatients d'essayer notre gîte. Tout nous semblait arrangé pour le mieux. Nous décidâmes, pendant la nuit, que notre cabane porterait le nom d'**hôtel des Neuchâtelois**, et que, pour perpétuer le souvenir de notre séjour en ce lieu, ce nom serait gravé en gros caractères sur la face septentrionale du bloc, avec l'indication de *sa distance de la base de l'Abschwung, qui était alors de 792 mètres.* A l'aide de cette inscription on pourra toujours savoir au juste l'espace que le bloc aura parcouru depuis l'année 1840 et reconnaître par conséquent la moyenne annuelle de la marche du glacier depuis cette époque. Nous ajoutâmes plus tard à cette inscription les noms de ceux qui prirent part à cette expédition.

Hôtel des Neuchâtelois en 1840, à 792 mètres de l'Abschwung.

HOTEL
DES NEUCHATELOIS.

Fondateurs de l'hôtel des Neuchâtelois (1840).

Louis Agassiz.

Charles Vogt.

Édouard Desor.

Célestin Nicolet.

Henri Coulon.

François de Pourtalès.

Hôtel des Neuchâtelois, sur le glacier de l'Aar [illegible]

ED. 2. Le même bloc qui nous avait abrité en 1840 nous servit encore cette année de toit. On n'avait fait qu'agrandir l'espace en dégageant davantage le mur d'enceinte. La cuisine était toujours attenante au dortoir et formait l'antichambre de l'appartement : c'était la pièce la plus commode, car on pouvait du moins s'y tenir debout; elle avait en outre le privilège d'exciter au plus haut point l'étonnement des étrangers à cause de son foyer de glace; et en effet, c'était un spectacle assez étrange de voir la marmite bouillir sur un mur de glace recouvert d'une simple dalle de pierre; encore cette pierre n'était-elle pas très-épaisse [1]. — Notre genre de vie était à peu près le même que l'année précédente; mais comme notre colonie était plus nombreuse, tout s'y faisait sur une bien plus grande échelle. Nous étions ordinairement cinq, six et quelquefois davantage en permanence à l'hôtel, et nous avions un nombre égal de guides, dont cinq ou six étaient occupés au forage.

Jacob Leuthold était encore cette année le chef, et en cette qualité il dirigeait toute l'économie domestique.

Pour se prémunir contre le froid du matin, plusieurs d'entre nous avaient pris l'habitude de se laver tous les matins [illegible]

[illegible]

[illegible]

préparer le déjeûner. — On commençait alors la conversation du matin; on s'informait du temps qu'il avait fait la nuit et de celui qu'il faisait maintenant? Le ciel est-il serein? — Avons-nous l'espoir d'une belle journée? — Quel est le degré minima de la nuit et combien de degrés le thermomètre marque-t-il? — Bientôt le déjeûner était prêt : « Allons, Messieurs, si vous voulez prendre votre chocolat chaud, il faut vous lever, » nous disait *Jacob*. C'était ordinairement un moment pénible, car on trouvait la chaleur de la chambre à coucher fort agréable, malgré l'épaisse fumée qui y régnait dès que le feu était allumé. Si au moins on avait pu prendre sa tasse au lit, comme plusieurs de nous, j'en suis sûr, ont la très-louable habitude : mais notre charte nous le défendait. On se décidait enfin à repousser les couvertures et l'on rassemblait tout son courage pour supporter vaillamment la sensation désagréable que l'on éprouvait en sortant de la cabane avant de s'être lavé les mains et la figure à l'eau glacée. — Cette opération était un moyen infaillible de rendre tout le monde dispos et de bonne humeur; on courait ensuite s'asseoir autour de la grande chocolatière, où tout le monde mangeait de très-bon appétit; puis on se séparait en se dirigeant chacun de son côté. — J'emprunte à l'article de la *Revue d'Édimbourg* la description suivante du dîner : « Midi approche : tout le monde s'est rassemblé autour du pot-au-feu, et bien que le menu soit fort peu varié, c'est de « l'aveu de tout le monde une véritable jouissance de dîner en plein « air à l'*hôtel des Neuchâtelois*, autour de la grande dalle de gneiss qui « sert de table à manger. On n'y sert que du mouton et du riz; mais, « soit que le mouton de ces hautes montagnes soit réellement meilleur « que celui que l'on mange ailleurs, soit que l'air vif rende le palais « moins exigeant, il est vrai que nous ne nous en sommes jamais « lassés. Quelquefois nous avions pour varier de la viande de chèvre. « La tasse de café et le cigare étaient les accessoires obligés du dîner. « Il semblait que l'un et l'autre eussent un parfum plus exquis sous « le ciel du Schreckhorn et du Finster-Aarhorn. C'était l'heure des « gais propos, des discussions animées, des projets téméraires, après « quoi tout le monde s'en retournait à ses occupations, l'un d'un côté, « l'autre de l'autre. »

Inconvénient du gîte.

Cependant, aux agréments de ce séjour se mêlaient aussi des inconvénients, et nous ne tardâmes pas à faire l'expérience que ce sol mouvant n'a pas été fait pour servir de base à l'habitation de l'homme. Nous nous couchions le soir sachant que pendant la nuit nous allions

cheminer d'une quantité donnée; mais comme ce mouvement n'était pas toujours insensible et parfaitement uniforme, il n'arrivait que trop souvent que le mur s'affaissait et occasionnait des ouvertures par lesquelles le vent soufflait impitoyablement. Il y avait encore un autre inconvénient plus grave que celui-là : le bloc, malgré son épaisseur de 6 mètres, était profondément fissuré et les fissures pénétraient de part en part, de façon que, par une forte pluie ou une chute de neige abondante, l'eau pénétrait par ces fentes et ruisselait au toit de notre dortoir. Or, pour peu qu'un de ces petits ruisselets rencontrât une aspérité, il se formait une cascade qui réveillait impitoyablement ceux qui se trouvaient dessous. — On voyait alors tantôt l'un, tantôt l'autre se lever, saisir la chandelle et essayer de donner une autre direction à l'importun ruisselet; mais bientôt celui-ci regagnait sa direction première ou allait réveiller le voisin de droite ou de gauche en lui dégouttant malencontreusement dans l'oreille ou sur le nez. L'infortuné se levait à son tour et essayait de corriger le cours du ruisseau en l'envoyant asperger son voisin. — Je me souviens d'une nuit où les filets d'eau et les cascades étaient si abondants que toute correction fut inutile, et voyant qu'il était impossible de fermer l'œil, nous primes le parti de nous amuser aux dépens de nos cascades en leur imprimant toutes sortes de directions. Au lieu de dormir nous faisions des études d'hydrographie.

Dangers du gite.

Le seul danger que nous courions, si toutefois il était réel, résultait de ces fissures du bloc. Il eût pu se faire que l'eau, après s'y être accumulée, s'y fût congelée et eût ainsi disloqué le bloc; car la gelée est, comme on sait, l'agent le plus destructeur des rochers. Or, le mur d'enceinte eût été incapable de retenir une masse pareille, et nous eussions été broyés si une dislocation fût survenue. Je dirai même que je ne serais pas étonné si quelque jour ce bloc colossal se séparait en plusieurs pièces [1]. Au premier abord on pouvait aussi craindre, en voyant sa position hardie sur la moraine, qu'un mouvement brusque du glacier, tel que la secousse d'une crevasse qui

DA. [1] Ces prévisions se sont complétement réalisées. En 1846 j'ai passé la nuit avec un guide sur moraine médiane près de la roche de l'hôtel des Neuchâtelois. Cet énorme bloc anguleux de gneiss s'était fendu et divisé en plusieurs morceaux; et c'est dans l'espace entre ces blocs que j'ai passé la nuit, sous une toile à voile. — Depuis ces blocs se sont divisés de plus en plus, et enfin, en 1859, tous les blocs, au nombre de vingt au moins, se trouvaient au bas de la moraine. De ces blocs il y en a un d'un volume assez fort qui porte en 1862, parfaitement conservée, l'inscription : *hôtel des Neuchâtelois*, le nom d'**Agassiz** et celui des fondateurs de l'hôtel.

s'ouvre ou se forme, ne le renversât sens dessus dessous. Aussi, quoique son assiette fût bien établie, je ne cacherai pas que, pour ma part, j'étais de temps en temps en proie à une secrète inquiétude qui, si je ne me trompe, était plus ou moins partagée par tout le monde, et, semblable au peureux qui a bien soin de regarder sous son lit avant de se coucher, je ne négligeais guère de faire le tour de la cabane avant de me livrer au sommeil.

Visiteurs à l'hôtel.

Les visites ne manquaient pas à l'hôtel des Neuchâtelois. On voyait d'ordinaire arriver vers midi une ou plusieurs caravanes de touristes avides d'impressions, car les guides et *Zybach* (le maître d'hôtel de l'hospice du Grimsel) ne manquaient pas d'exalter leur imagination sur le compte de notre habitation. Nous eûmes même plusieurs fois des visiteurs venant de *Grindelwald* par la *Strahleck*; ceux-là, quels qu'ils fussent, étaient l'objet de toute notre sollicitude.[1]

D'un autre côté, le nom tout épigrammique d'*hôtel* que portait notre humble cabane nous valut aussi quelques visites inopportunes, pour avoir été pris au sérieux par des touristes, qui s'imaginaient qu'ils allaient trouver à l'*hôtel des Neuchâtelois* des appartements tout

ED. [1] Au nombre des touristes venus de Grindelwald se trouvait une dame. « Un soir, dit **M. Agassiz**, que, réunis autour du foyer, nous nous amusions à observer un effet de lumière sur le Finster-Aarhorn, nous aperçûmes une nombreuse caravane qui débouchait de l'angle de l'*Abschwung*. Aussitôt les lunettes se braquèrent de ce côté pour voir si parmi les aventureux voyageurs il n'y avait pas quelque personne de connaissance. L'un d'eux était en chaise à porteur, et déjà tout le monde faisait des remarques sur cette singulière manière de voyager en hautes régions, lorsque nous reconnûmes que ce voyageur était une *dame*. L'ironie se changea aussitôt en admiration. Comment, une dame traverser la Strahleck! Décidément, c'est un digne pendant de l'ascension de **Mlle d'Angeville** sur le Mont-Blanc. Nous allâmes au-devant d'elle pour l'inviter à se reposer un instant dans notre cabane. C'était une Écossaise, **Mme Cowan d'Édimbourg**, accompagnée de son mari et de neuf guides. **M. Cowan** nous raconta qu'elle avait fait la plus grande partie du chemin à pied, mais que sa chaussure s'étant déchirée, elle avait été obligée de se faire porter, ce qui la contrariait beaucoup. Ils avaient couché dans la *cabane du berger du Zæsenberg*, d'où ils étaient immédiatement montés sur les champs de neige supérieurs. Il était cinq heures lorsqu'ils arrivèrent chez nous et près de neuf heures lorsqu'ils entrèrent au Grimsel.»

DA. [1] En 1841 le passage de la Strahleck (du Grindelwald au Grimsel) était une course pénible et périlleuse, et peu de guides l'avaient faite. Depuis quelques années ce passage est entrepris par un grand nombre de touristes et souvent par des dames; parmi ces dernières nous citerons **Mme Kratz** et **Mme Martin**, de Strasbourg. — Par des circonstances météorologiques favorables, dirigé et aidé par des guides de hautes régions de beaucoup de savoir-faire, il ne s'agit que de marcher du matin au soir; mais par le mauvais temps, et surtout par une chute de neige fraîche ou pendant qu'il neige, cette course est dangereuse.

prêts à les recevoir. *M. Zybach* avait beau protester que ce n'était qu'une petite hutte destinée uniquement à notre usage : il n'était pas cru; car on s'imaginait qu'en parlant ainsi il n'avait d'autre but que d'obliger les voyageurs à passer un jour de plus au Grimsel. C'était un cruel désappointement quand, arrivé au terme du voyage, il fallait convenir de son erreur. Nous fûmes ainsi plusieurs fois dans le cas, faute de place, de ne pouvoir héberger ces hôtes tardifs, qui étaient alors obligés de s'en retourner de nuit ou de se contenter d'un petit coin dans la cabane des guides. Enfin, au nombre des visiteurs de l'hôtel des Neuchâtelois, il y en avait aussi qui étaient attirés par d'autres motifs que la simple curiosité : par le désir de participer à nos travaux, ou du moins de témoigner à **M. Agassiz** l'intérêt qu'ils prenaient à ses recherches. Pour ceux-là je crois être l'interprète fidèle de mes compagnons de voyage, en disant que leur visite se rattache pour nous aux plus beaux souvenirs de cette campagne. Dans son article du *Journal d'Édimbourg*, **M. Agassiz** nomme parmi ses hôtes de prédilection **M. le général de Pfuel**, gouverneur de Neuchâtel, **lord Enniskillen**, **MM. Adolphe et Alfred de Rougemont**, **M. Studer**, **MM. Escher de la Linth**, **M. et M^me^ Treveylan**, **MM. Guyot**, **Robertson**, **Nicholson**, **Martins**, **Casson**, etc.; « et, poursuit-il, comme si le bonheur que l'on éprouve de rencontrer des personnes pour lesquelles on professe une profonde vénération ou avec lesquelles on entretient des relations d'une sincère amitié, était rehaussé par la beauté du site, je sentais mon cœur battre de joie toutes les fois que je reconnaissais un ami parmi les personnes qui arrivaient avec le porteur de vivres, vers les onze heures du matin. »

Descente dans un puits du glacier (1841).

ED. 3. Pendant notre séjour à l'*hôtel des Neuchâtelois* (1841), un membre de la société fait remarquer qu'il serait peut-être facile de descendre sans danger dans l'un ou l'autre des puits [1] du glacier; peut-être y verrait-on des choses inattendues. — Tout le monde applaudit à cette proposition, et sans tarder nous nous mîmes tous à la recherche d'un puits approprié à cette expérience.

Nous trouvâmes à quelque distance de notre cabane un de ces puits qui nous parut approprié à notre but; il avait trois mètres d'ouverture

ED. [1] Les puits ou moulins, ainsi que le dit **M. Agassiz** (*Études sur les glaciers*), sont vraisemblablement d'anciennes crevasses que de petits cours d'eau ont empêché de se refermer complétement, en sorte qu'au lieu d'être allongés, ils sont la plupart circulaires, et le ruisseau, loin de les rétrécir, tend à les élargir plus, surtout lorsqu'il est abondant.

et paraissait descendre jusqu'à une grande profondeur. **M. Agassiz** résolut de tenter l'aventure. Pour cela il fallait commencer par détourner le ruisseau en lui taillant un autre lit. Nous nous mîmes à l'œuvre. — Quand le nouveau lit fut achevé, je fis dresser au-dessus du puits le trépied qui avait servi au forage.

Donnons la parole à **M. Agassiz**, qui nous racontera les détails de cette descente que nous avons appelé plus tard la *descente aux enfers*.

Descente aux enfers.

«Les guides fixèrent au bout de la corde une planche qui devait me[1] servir de siège, puis ils m'attachèrent à cette même corde au moyen d'une courroie qu'ils me passèrent sous les bras, de manière à me laisser les mains libres. Pour me garantir contre l'eau, qui n'avait pu être détournée complétement, ils me couvrirent les épaules d'une peau de chèvre et me mirent une casquette de peau de marmotte sur la tête. Ainsi accoutré, je descendis muni d'un marteau et d'un bâton. Mon ami **Escher de la Linth** devait diriger la descente; il se coucha à cette fin sur le ventre, l'oreille penchée au bord du précipice, afin de mieux entendre mes ordres. — Il fut convenu que si je ne demandais pas à remonter, on me laisserait descendre aussi longtemps que **M. Escher** entendrait ma voix. J'arrivai sans obstacle jusqu'à une profondeur de 25 mètres, observant avec intérêt la structure lamellaire du glacier et les petits glaçons qui étaient suspendus de tous côtés aux parois du puits. Ces glaçons avaient de 3 à 15 centimètres de longueur et quelques millimètres seulement de diamètre; ils étaient arqués comme des agraffes implantées dans la paroi et résultaient bien évidemment d'un suintement de l'eau à travers la glace, car s'ils eussent été le résultat de l'eau de la surface du glacier, ils n'auraient été ni aussi uniformes, ni aussi également répartis sur toutes les parois. Ceux qui provenaient réellement de la cascade supérieure étaient beaucoup plus grands, accolés contre le mur de glace, et de plus limités à l'une des faces du couloir. Il me sembla que les *bandes de glace bleue* devenaient insensiblement plus larges, à mesure que je descendais; elles étaient en même temps moins tranchées et contrastaient aussi moins nettement avec les lames ou bandes de *glace blanche*.

«Je rencontrai à environ 25 mètres une cloison de glace qui divisait le puits en deux compartiments; j'essayai d'entrer dans le plus large, mais je ne pus pénétrer à plus de $1^{m},50$ à 2 mètres, parce que le

[1] A **M. Agassiz**.

couloir se divisait en plusieurs canaux étroits. Je me fis remonter, et manœuvrant de manière à faire dévier la corde de la ligne verticale, je m'engageai dans l'autre compartiment. — Je m'étais aperçu en descendant qu'il y avait de l'eau au fond du trou ; mais je la croyais à une bien plus grande profondeur, et comme mon intention était surtout dirigée sur les *bandes verticales* que je suivais toujours des yeux, grâce à la lumière que réfléchissaient les parois brillantes de la glace, je fus très-surpris lorsque tout-à-coup je me sentis les pieds dans l'eau. J'ordonnai aussitôt qu'on me remontât, mais l'ordre fut mal compris, et au lieu de me remonter, on me laissait toujours lentement descendre. Je poussai alors un *cri de détresse* qui fut entendu, et l'on me retira avant que je fusse dans le cas de nager.

«Il me semblait que de ma vie je n'avais rencontré d'eau aussi froide ; à sa surface flottaient des fragments de glace, sans doute des débris de glaçons. Les parois du puits étaient âpres au toucher, ce qui provenait sans doute des *fissures capillaires*. — Lorsque j'arrivai à la surface, mes amis m'avouèrent qu'ils avaient eu un moment de rude angoisse en m'entendant crier au fond du puits ; ils avaient eu toutes les peines possibles à me retirer, bien qu'ils fussent au nombre de huit. — J'avais moi-même peu réfléchi au danger de ma position, et il est certain que si je l'avais connu, je ne m'y serais pas exposé ; car il eût suffi que le choc de la corde eût détaché l'un des gros glaçons collés contre les parois du gouffre pour que ma perte fût certaine. Aussi je ne conseille à quiconque ne serait pas guidé par un puissant intérêt scientifique de répéter une pareille expérience sans les précautions les plus minutieuses.»

Hôtel des Neuchâtelois (1842).

ED. 4. Pendant la campagne de 1842 ce n'est plus le grand bloc de schiste qui nous sert d'abri ; de l'habitation troglodytique nous avons passé tout d'un coup à une demeure en plein soleil. — C'est une grande et vaste *tente* de 20 mètres de longueur sur 4 mètres de largeur et 4 mètres de hauteur, divisée en trois pièces ou compartiments à peu près d'égale grandeur et distribuée dans l'ordre suivant :

Au fond le dortoir des ouvriers, au milieu notre dortoir, et sur le devant la salle à manger, qui sert à la fois de salon et de cabinet d'étude. Cette pièce est appropriée à tous ces usages, car elle renferme une table, des bancs et même deux chaises qui sont les sièges d'honneur pour les étrangers. Des chevilles en bois règnent tout autour de l'appartement auxquelles sont suspendues nos hardes et nos instruments. Il y a même une étagère pour nos livres et autres menus

objets. — Nous ne nous couchons plus sur la glace comme auparavant, mais nous avons un plancher solide qu'on balaye tous les jours. Quand le mauvais temps nous empêche de sortir, nous pouvons ainsi nous occuper à notre aise, car tout le monde a place autour de la table d'étude. — Extérieurement cette habitation n'est pas, il est vrai, d'un effet bien pittoresque ; elle est tout d'une venue, assise sur de petites colonnes de pierre à peu près comme les greniers des paysans des Alpes ; en la voyant de loin, on se rappellerait involontairement l'*Arche de Noé*, telle que la représentent les gravures de nos anciennes Bibles ; aussi l'appelâmes-nous l'*Arche*, pour la distinguer de l'ancien *hôtel des Neuchâtelois*, qui est transféré en cuisine.

Arche de Noé.

Jacob Leuthold et plusieurs autres guides avaient été occupés dès le printemps à tailler les poutres et les planches nécessaires à cette construction et à les transporter de Guttanen sur le glacier. A notre arrivée au Grimsel, la charpente était dressée. Nous apportions la toile pour la couvrir, et le 10 juillet nous couchâmes pour la première fois à l'abri de notre tente et séjournâmes jusqu'à mi-septembre.

La société était composée de **MM. Agassiz, Nicolet, Wild, Vogt, Bourckhardt, Girard** et moi. [1]

Course à la Strahleck.

ED. 5. Une circonstance qui mérite une grande attention de la part de ceux qui veulent tenter des courses dans les hautes régions, c'est l'effet du soleil sur la neige et la rapidité avec laquelle des surfaces de neige qu'on a parcourues le matin avec la plus grande facilité se ramollissent après quelques heures, au point de rendre le chemin très-pénible et fort dangereux. **De Saussure** a déjà insisté sur la nécessité de bien choisir les heures du départ et du retour, et il raconte à ce sujet comment il faillit périr au glacier des Pèlerins pour n'avoir pas tenu compte du ramollissement subit de la neige [2]. La même cause m'a fait courir de très-grands dangers au glacier du Finster-Aar. Voici dans quelle circonstance. C'était vers la fin de juillet. Il faisait un temps magnifique ; je voulus en profiter pour escalader quelqu'une des cîmes voisines de l'hôtel des Neuchâtelois. — *Jacob* me proposa la *Strahleck* comme le meilleur point pour reconnaître la route du Schreckhorn, dont nous désirions faire plus tard l'ascension. Nous venions de recevoir la visite de **M. le docteur Dubois** de La-Chaux-de-Fonds et de **M. Hess**, son ami, et comme ces Messieurs étaient

DA. [1] **Édouard Desor.**
DA. [2] Voyez paragraphes 8.

l'un et l'autre admirateurs passionnés des hautes Alpes, je leur proposai de nous accompagner à la Strahleck.

Nous partîmes à quatre heures et demie du matin de l'hôtel des Neuchâtelois : quatre voyageurs, **MM. Dubois, Hess, Egerton** et moi, les guides *Jacob Leuthold* et *Daniel Brigger*. Le glacier était gelé, ce qui nous permit de traverser sans difficulté toutes les crevasses qui étaient couvertes de neige. La montée de la Strahleck ne nous offrit non plus aucune difficulté, un seul endroit excepté, où la pente du rocher est très-raide. A sept heures et demie nous étions au sommet du col. — **MM. Dubois** et **Hess** ne trouvaient pas de paroles pour me témoigner leur reconnaissance de les avoir amenés en un lieu aussi délicieux....

Il était à peu près dix heures lorsque nous pensions à la retraite. Avant d'aborder la descente, *Jacob* nous attacha tous à une corde dont il tenait le bout, et pour tranquilliser tout le monde, il dit à **M. Dubois** avec son calme ordinaire, qu'il n'avait qu'à être sans inquiétude, qu'il nous retiendrait tous si l'un ou l'autre venait à tomber. Nos deux amis, qui ne connaissaient ni le caractère de *Jacob* ni sa force prodigieuse, envisagèrent ce propos comme une de ces rodomontades si communes à beaucoup de gens et en particulier aux chasseurs, et n'en furent pas rassurés. Aussi longtemps que nous cheminâmes sur le rocher tout alla pour le mieux; on passa sans broncher l'endroit difficile, et déjà nous nous voyions regagnant gaiement le nevé qui était à nos pieds. — Cependant la neige se trouva être plus molle que nous ne l'avions supposé; mais comme elle était très-épaisse près du sommet, elle nous fournissait un point d'appui assez solide en se tassant sous nos pieds. Nous descendîmes ainsi une dizaine de mètres, en enfonçant dans la neige jusqu'au-delà des chevilles; mais lorsque nous voulûmes essayer de tourner à droite pour éviter une saillie de rocher qui se trouvait au-dessous de nous, nous nous aperçûmes que la neige y était beaucoup moins épaisse; il y en avait à peine quelques centimètres sur la couche de glace. Le guide qui me précédait me recommanda de marcher très-lentement et d'avoir soin de bien chercher mon point d'appui. Je le lui promis, et voyant devant moi une petite pierre que je croyais empâtée dans la glace, j'y posai mon pied. — Au même instant la pierre se détacha : je glissai et entraînai avec moi **MM. Egerton, Dubois** et **Hess.** Nous fîmes ainsi une glissade de quelques mètres. Le guide *Brigger*, qui était auprès de moi, me saisit aussitôt par le bras et me releva. Pendant

ce temps mes trois compagnons de voyage étaient suspendus les uns aux autres, sans autre appui que la corde qui les soutenait. C'était une position affreuse. Par bonheur *Jacob* était au bout de la file : il n'avait pas bronché et retenait d'une main robuste ces trois hommes suspendus à son bras sur une pente de glace de 35° d'inclinaison, tandis que l'autre guide, déposant son fardeau, accourait pour leur aider à se relever. En peu d'instants tout le monde se trouva debout, et nous allions de nouveau recommencer à descendre dans le même ordre, lorsqu'une grande dalle de schiste, qui s'était détachée du sommet, roula sur la pente de glace et vint frapper **M. Dubois** à l'épaule, lui déchirant la redingote, le gilet, la chemise et lui faisant une large entaille dans la peau; elle lui eût infailliblement emporté la tête si, l'entendant venir, il avait fait le plus petit mouvement à gauche. — Renversé par le choc, **M. Dubois** glissa de nouveau, fit tomber **M. Egerton** qui se trouvait devant lui et entraîna avec lui **M. Hess** qui était derrière; *Jacob* lui-même glissa cette fois de plusieurs mètres; mais il retrouva bientôt son aplomb et parvint encore une fois à retenir nos voyageurs, qui sans lui s'en allaient tout droit dans la grande, effrayante et atroce rimaye (*Bergschrund*).

Moment critique.

Une rechute est toujours plus grave qu'un premier accident, et l'on comprendra facilement à quelle terrible appréhension nous devions être en proie, surtout lorsqu'on songe qu'étant tous attachés par des nœuds coulants, nous avions la poitrine horriblement serrée par cette corde qui, tout en nous sauvant, nous faisait souffrir le martyre. — J'aurai toute ma vie présente devant les yeux cette scène de détresse, lorsque **M. Dubois**, étendu sur le dos, me criait : « **Desor ! Desor !** j'étouffe ! Je t'en prie, dis donc à l'Anglais de ne pas tirer à la corde. » C'était **M. Egerton** qui, suspendu comme lui, cherchait à se relever et serrait involontairement le nœud autour de la poitrine de **M. Dubois.** **M. Hess** était encore plus mal à son aise, car il avait à supporter le poids des deux autres. Quant à moi, quoique debout, j'avais toute la peine du monde à me soutenir, et c'était avec un sentiment que je n'essaierai pas de dépeindre que je voyais mes amis dans cette position sans pouvoir aller à leur secours. — Heureusement le bras de *Jacob* ne faillit pas plus maintenant que la première fois, et avec l'aide du guide *Daniel Brigger* tous se relevèrent encore une fois sans peine. Il s'agissait maintenant de trouver le moyen d'éviter une nouvelle chûte qui n'eût pas manquée de nous devenir funeste, car la pente allait en augmentant. Nous vîmes que le meilleur parti à prendre

était de descendre l'un après l'autre. Comme j'étais le premier, je me détachai de la corde et descendis sous la direction du guide *Brigger* jusqu'à l'échelle, tandis que *Jacob*, en attendant que *Brigger* remontât, taillait avec la hache des gradins dans la glace.[1]

Cette descente s'effectua fort lentement, comme on le pense bien. **Hess** et **Dubois** durent rester ainsi pendant près d'une heure sans bouger sur cette pente escarpée, les mains et les pieds dans la neige. C'est une circonstance que je me plais à signaler comme la preuve la plus manifeste que mes amis, quoique peu habitués aux courses de montagnes, ont su trouver dans leur courage des ressources que la force physique seule leur aurait certainement refusées. Un instant de désespoir les eût perdus sans ressources.

Quand nous eûmes atteint le bas de l'échelle, nous nous mîmes à glisser gaiement sur la dernière pente comme si aucun accident n'était survenu, et quand nous fûmes ainsi arrivés au pied de la Strahleck, nous nous serrâmes amicalement la main en rendant hommage à l'intrépidité de nos guides, qui venaient de nous préserver d'un grand danger. Je ne négligerai pas de rappeler à mon ami **Dubois** le propos de *Jacob*, lorsque nous étions sur le point de descendre. Celui-ci, en sa qualité de médecin, examina les bras de notre brave guide et déclara qu'il n'y comprenait rien. *Jacob* en avait cependant emporté une ampoule à la main, mais il l'attribuait à la mauvaise qualité de la corde, et lorsque nous lui demandâmes ce qu'il aurait fait de nous si la peur nous avait fait perdre l'usage de nos jambes, il nous répondit avec le même calme : « Je vous aurai porté l'un après l'autre à la cabane aussi facilement et de la même manière que j'ai porté en 1828 le professeur **Hugi** du pic du Finster-Aarhorn à sa cabane au glacier, et la distance est quatre fois plus grande. »

ED. 7. Disons encore un mot de l'intérieur de notre colonie. — J'ai décrit plus haut l'hôtel des Neuchâtelois tel qu'il était cette année, en indiquant ses avantages sur les habitations des années précé- Hôtel des Neuchâtelois (1842).

DA. [1] Je l'ai déjà dit et je le répète : En abordant les glaciers en hautes régions, on doit être muni de cordes, de haches, de ceintures de gymnastique; de plus, aujourd'hui reconnu : d'un grand sac en toile (invention du guide *Jaun*), et pour les ascensions d'une échelle forte et longue et d'une pelle. — A moins de cas extraordinaires, on a chance de revenir dans la civilisation. Tous les cas imprévus ne se sont pas encore présentés, quoique ceux connus soient nombreux. — Certes, je ne veux détourner personne de franchir des cols, ni de faire des ascensions aux pics; mais je suis en droit de dire, et d'autres glacialistes l'ont dit avant moi : Usez de toutes les précautions; on ne saurait en prendre assez :

dentes. Son plus grand mérite était d'être spacieux : nous pouvions du moins y offrir l'hospitalité à nos amis; et il n'était pas rare de voir plus de vingt personnes réunies sous notre tente. Nous étions même assez bien organisés pour pouvoir partager notre dîner ou notre souper avec nos amis. Quand on était très-nombreux on dînait en deux sections, et les plus affamés passaient les premiers au réfectoire. Notre dortoir pouvait également recevoir bon nombre de coucheurs.

Bal à l'hôtel des Neuchâtelois (1842).

Je me souviens d'une nuit où nous n'y couchâmes pas moins de trente-et-un, y compris les guides. — Mais ce que l'on croira à peine, c'est qu'un jour nous eûmes même un bal à l'hôtel des Neuchâtelois. Voici à quelle occasion : c'était vers la fin de la campagne.

Les ouvriers avaient demandé la permission d'amener quelques-uns de leurs amis passer le dimanche au glacier. **M. Agassiz** le leur ayant permis, nous vîmes en effet arriver le samedi soir toute une caravane de villageois, hommes et femmes. — C'étaient les fils et les filles, les frères et les sœurs de nos guides. Comme le temps n'était pas très-favorable, on fut obligé de rester sous la tente, où l'on passa la soirée à chanter et à deviser. — On aurait aussi volontiers dansé, et comme il n'y avait pas d'instrument à l'hôtel, deux guides furent dépêchés au Grimsel pour y chercher le flageolet de l'un des pâtres. Ils partirent à dix heures du soir, par une nuit très-sombre, emportant une lanterne que le vent devait bientôt éteindre. N'ayant pu obtenir le flageolet en question, ils montèrent le col du Grimsel et descendirent à Oberwald, en Valais, où ils trouvèrent effectivement deux musiciens, un violon et un joueur de *Hackbrett* (l'instrument national du Valais). Mais comme c'était le dimanche et que le curé ne voulait pas leur permettre de partir avant d'avoir entendu la messe, ils n'arrivèrent qu'à dix heures à l'hôtel [1]. Aussitôt le bal commença et dura jusqu'au soir. Quoique le parquet ne fût pas bien uni et que la musique laissât beaucoup à désirer, je dois convenir que, pour ma part, je ne me souviens pas d'avoir assisté à une danse qui m'ait fait plus de plaisir. En tous cas il est probable que c'était le premier bal qui ait eu lieu sur un glacier, à 2477 mètres d'altitude.

Inconvénient de la tente.

ED. 8. Notre habitation avait de grands avantages sur celle des années précédentes, sans aucun doute; mais elle avait aussi ses in-

DA. [1] De l'hôtel des Neuchâtelois au Grimsel 15 kilomètres, du Grimsel à l'Oberwald même distance, ce qui fait un parcours de 60 kilomètres pour aller et revenir, dont 30 kilomètres par la nuit. — Et je suis persuadé que ces guides ont dansé à leur retour.

convénients dont nous ne devions que trop vite ressentir les effets. D'abord elle ne nous protégeait qu'imparfaitement contre la pluie, surtout lorsqu'il pleuvait fort et longtemps; puis venait l'instabilité du sol: non-seulement nous étions obligés de refaire très-souvent les colonnes qui supportaient l'édifice, mais nous avions à craindre que le vent ne l'enlevât, et nous étions obligés de l'appuyer au moyen de poutres toutes les fois que le temps menaçait. Un soir (21 juillet) le ciel s'était assombri presque instantanément; nos guides avaient eu soin d'appuyer la tente du côté opposé à celui d'où le vent soufflait. Bientôt d'épais nuages nous envahirent de toutes parts et l'on pouvait prévoir que la tourmente ne se ferait pas attendre. La tourmente, que les montagnards de l'Oberland appellent *Guxen*, a lieu lorsque deux vents soufflent en sens contraire dans une vallée [1]; il en résulte alors des tourbillons d'une violence extraordinaire, chargés d'une neige fine et sèche qui pénètre dans les moindres fissures, et le choc continuel de ces tourbillons contre les rochers occasionne un fracas épouvantable capable d'intimider les plus courageux: le vent souffle, hurle comme une meute de chiens [2], et d'ordinaire il est impossible de se tenir debout au fort de la tourmente.

Vents violents, féroces.

Vers minuit nous fûmes réveillés par la violence du vent. M'étant levé pour voir l'aspect du ciel, je trouvai la chambre entièrement envahie par la neige. *Jacob* était seul resté debout; de temps en temps il soulevait le rideau, regardant d'un air soucieux les nuages qui couraient dans toutes les directions. «Nous pourrions bien, lui dis-je, courir quelque danger cette nuit: qu'en pensez-vous, *Jacob?* — Oui, **Monsieur Desor,** me répondit-il, il fait un temps affreux comme je n'en ai jamais vu [3].» Cette remarque dans la bouche d'un homme qui, en toute circonstance, était plutôt porté à atténuer le danger qu'à l'exagérer, ne laissa pas de me donner des inquiétudes. Les coups de vent les plus violents avec hurlements féroces venaient comme d'ordinaire du Sud-Ouest, de l'angle du Finster-Aarhorn. Voyant cependant que la tente résistait avec succès aux efforts des

DA. [1] De ce vent féroce, soufflant dans toutes les directions, il est difficile de s'en faire une idée: il est féroce, c'est le mot; et certes, cette expression est encore trop faible.

DA. [2] Brauſet und tobet, wüthet und ziſcht,
Wie wenn Waſſer mit Feuer ſich miſcht!

DA. [3] Les guides de hautes régions sont calmes en toutes occasions, leurs expressions brèves et significatives, leurs décisions promptes et l'action immédiate.

vents, nous prîmes le parti de regagner nos lits et d'attendre ce qu'il adviendrait. — Vers une heure du matin nous ressentîmes subitement de violents coups de vent venant du Nord dans la direction opposée, et un instant après la tente s'affaissa avec un affreux craquement, les poutres du toit se brisèrent et la vaisselle, qui était placée sur une étagère de l'antichambre, tomba avec fracas sur le plancher et augmenta encore l'épouvante. Il y eut un instant de consternation générale; cependant personne n'avait été blessé. Les plus calmes coururent aux instruments qu'ils parvinrent à sauver, à quelques thermomètres près. — Les guides détachèrent les cables du perçoir de forage, et le vent nous laissant quelques instants de répit, nous parvînmes à relever notre tente et à la maintenir en respect, en portant les appuis du côté opposé. Dehors il faisait presque aussi clair que de jour, et cependant le ciel était loin d'être serein. La neige poudreuse tourbillonnait dans l'air et les nuages semblaient livrés à une déroute complète, fuyant avec rapidité dans plusieurs directions. Nous mîmes à peu près deux heures à consolider notre tente, par un froid qui donnait presque instantanément l'onglée, tant il était vif. La tourmente dura encore plusieurs heures (jusqu'à cinq heures du matin), pendant lesquelles nous nous attendions à voir chaque instant notre habitation s'écrouler de nouveau. Il n'en fut cependant rien, et comme nos hôtes, **MM. Godet** de Neuchâtel et **Marquard** de Dresde avaient hâte de quitter ce lieu de désastre, nous les accompagnâmes jusqu'à l'hospice, abandonnant à *Jacob Leuthold* et à *Jean Wæhren* le soin de refaire la tente.

Phénomènes météorologiques. — Auréole violette.

ED. 9. Le même jour, en descendant au Grimsel, après la tourmente, nous fûmes témoins d'un autre phénomène très-extraordinaire que nous n'avions jamais remarqué auparavant. Le glacier était couvert de neige fraîche qui était tombée la nuit; l'air était d'une transparence extraordinaire. Nous cheminions sur le milieu de la branche du Finster-Aar, lorsque **M. Agassiz** remarqua que son voisin était entouré d'une *auréole violette* très-distincte qui disparaissait et reparaissait à chaque instant suivant les mouvements qu'il faisait. Il observa bientôt aussi la même chose sur ses bras, ses mains, son bâton, les pans de son habit, qui lui parurent tour à tour bordés d'une zone d'un *violet* qui semblait se déplacer continuellement sur ses vêtements. Tous ceux de la route remarquèrent le même phénomène sur leurs vêtements.

ED. 10. Je dois encore mentionner un phénomène qui nous a souvent frappé pendant cette campagne et que j'ai rappelé en décrivant la tourmente ; c'est la clarté des nuits sur le glacier par un ciel couvert, et même lorsqu'il neigeait ou qu'il pleuvait. Cette clarté était même souvent plus grande par le brouillard ou la pluie faible que lorsque le ciel était serein sans clair de lune. Ainsi, par un ciel couvert, nous pouvions voir sans trop de peine l'heure de nos montres pendant toute la nuit, ce qui était plus difficile à la lumière des étoiles. M. Agassiz est porté à attribuer cette anomalie à une lumière propre des nuages. La lumière de la lune nous a paru plus forte que dans la plaine ; il nous est arrivé de pouvoir lire devant notre tente à dix heures du soir, par la pleine lune, dans un livre imprimé en caractères *cicero*. Cependant l'intensité de la lumière n'est pas telle que l'ont représentée certains voyageurs et naturalistes, entre autres M. Hugi, qui prétend avoir reconnu de nuit, depuis le col du Finster-Aarhorn, des chalets sur les Alpes-Pennines qu'il ne pouvait pas voir de jour. Je ne puis m'empêcher de croire que, dans ce cas, l'imagination de l'auteur a singulièrement suppléé à sa vision. Clarté de nuit.

ED. 11. Il serait trop long d'énumérer toutes les excursions que nous fîmes sur les sommités voisines de l'hôtel des Neuchâtelois. — L'*Ewig-Schneehorn*, que nous avions escaladé pour la première fois l'année précédente, était devenu cette année un but de promenade où l'on se rendait pour jouir de la vue. — Nous y avions construit une tourelle en guise de signal, sur laquelle flottait habituellement un drapeau qui nous indiquait la direction du vent dans les hauteurs. Bien des personnes ont aujourd'hui fait l'ascension à cette montagne, et toutes celles que nous y avons conduites nous ont plus tard témoigné leur reconnaissance de leur avoir fait connaître un point de vue si délicieux. Nous avons même la satisfaction de compter une dame parmi les visiteurs de l'Ewig-Schneehorn. — M. et Mme Kratz de Strasbourg font toutes les années un voyage pédestre dans les Alpes. Nous les rencontrâmes au Grimsel la veille de notre départ, et voyant leur courage et leur persévérance, nous leur conseillâmes de visiter l'Ewig-Schneehorn, les recommandant aux soins de quelques-uns de nos guides. Ceux-ci m'ont assuré plus tard que la dame s'en était tirée à merveille, qu'elle avait franchi avec une assurance extraordinaire les passages les plus difficiles, montant constamment en tête de la caravane et encourageant les autres de son exemple. Pour ceux qui connaissent son noble enthousiasme, il n'y a rien qui doive étonner. Est- Ascension à l'Ewig-Schneehorn par Mme Kratz.

ce une raison pour en conclure que toutes les dames, et même tous les messieurs puissent tenter cette ascension? Je ne le pense pas.[1]

Pavillon du glacier de l'Aar (1843).

ED. 12. Un grand désappointement nous attendait au début de la campagne de 1843. Nous avions donné rendez-vous à nos deux guides *Jacob Leuthold* et *Hans Wæhren* à Meyringen; mais nous ne trouvâmes en arrivant que *Wæhren*, qui nous annonça que son ami *Jacob* n'avait pu l'accompagner, attendu qu'il était malade depuis plusieurs semaines. Nous fûmes le voir en passant par Im-Boden. Quelle ne fut pas notre surprise en voyant notre brave guide, que nous croyions simplement indisposé, dans un état désespéré! Il avait eu de violentes hémorrhagies qui avaient complétement épuisé ses forces; son visage était défait, sa voix éteinte, ses yeux vitrés et sa respiration accompagnée d'un râle sourd d'un funeste présage. Il nous reconnut cependant et voulut qu'on nous offrît du café. Nous ne restâmes qu'un instant auprès de lui pour ne pas le fatiguer et quand, en partant, je lui montrai les montagnes en lui témoignant l'espoir de l'y revoir bientôt, je vis de grosses larmes inonder ses yeux déjà presque

DA. [1] L'ascension au Ewig-Schneehorn n'est certes pas une course de *Gænsestrich* [*], et M^me^ **Kratz** ne s'est pas arrêtée en si beau chemin. Cette dame a passé la *Strahleck* en 1843, et l'ami **Desor** nous dit : « La plus agréable surprise m'était réservée pour ce jour, le dernier de la campagne. Pendant que j'étais occupé à examiner les détails de la moraine et la manière dont les deux glaciers se combinent à leur rencontre au pied du Zæsenberg, j'aperçus au fond de la mer de glace une caravane de voyageurs qui se dirigeaient sur la cabane du berger du Zæsenberg. Quels pouvaient être les téméraires qui nous avaient devancés de si bonne heure? « Je crois voir des dames dans le nombre, me dit mon guide. — Des dames ici, à pareille heure! c'est impossible, *Hans.* » Nous accélérâmes le pas pour nous en assurer. Qu'on juge de ma joie, lorsque je reconnus **M.** et M^me^ **Kratz**, les mêmes qui avaient si vaillamment fait l'ascension au Ewig-Schneehorn. Cette fois ils avaient amené toute leur famille avec eux, afin d'initier de bonne heure leurs enfants aux jouissances des Alpes, qu'ils placent au-dessous de toutes les autres jouissances terrestres. A compter de ce moment, pendant la journée, je renonçai à l'étude des glaciers pour me faire touriste de hautes régions et goûter avec eux le plaisir que cause toujours un voyage alpestre lorsqu'on a le bonheur de le faire dans une aimable société. »

ED. [*] *Gænsestrich* (route des oies) : terme dont se servent les naturalistes allemands pour désigner les chemins et sentiers fréquentés par les touristes. Je ne connais pas dans la langue française de mot propre à rendre aussi exactement l'effet que produit sur l'esprit de ceux qui poursuivent un but quelconque dans leurs courses la rencontre continuelle de touristes marchant à la file les uns des autres comme des oies. Ces touristes-là, nos guides de hautes régions les appellent des *profanes*, et ils appellent *Herren-Führer* (conducteurs de messieurs) les guides qui les conduisent; eux seuls prétendent être en droit de se nommer guides (*Führer*). — Ils font une énorme différence entre *Herren-Führer* et *Berg-Führer*.

ternis par la mort. Trois jours après nous apprîmes qu'il avait succombé.

Ainsi mourut, à l'âge de trente-sept ans, le plus intelligent et le plus intrépide de tous les guides de l'Oberland, celui qui nous avait appris les chemins des hautes cîmes et à qui nous devons une grande partie de nos succès. Né et élevé au milieu des hautes régions, il possédait au plus haut degre l'intelligence — je voudrais pouvoir dire l'intuition des montagnes. — Jamais on ne l'avait vu s'égarer, même dans les endroits qu'il parcourait pour la première fois, et jamais son calme ne l'avait abandonné au moment du danger. Aussi tous les autres guides reconnaissaient-ils sa supériorité et l'acceptaient-ils volontiers comme chef. — Que la terre des Alpes lui soit légère ! — Décès du guide *Jacob Leuthold*.

Les deux premiers jours d'épais brouillards nous empêchèrent de commencer les opérations géodésiques ; nous employâmes par conséquent ce temps à construire notre gîte. L'ancien hôtel des Neuchâtelois et la tente ne pouvaient pas nous convenir. — Par les circonstances météorologiques défavorables de cette année le glacier de l'Unter-Aar n'était dégagé que jusqu'au Rothhorn, sur une longueur d'une lieue : tout le haut était enseveli sous la neige ; nous cherchâmes un emplacement dans le voisinage de la bande transversale où devaient se concentrer nos occupations les plus importantes. C'était d'ailleurs pour le moment la limite extrême de la région praticable du glacier.

ED. 13. Nous décidâmes que nous construirions cette année notre demeure non plus sur le glacier, dont nous n'avions que trop appris à connaître l'instabilité pendant les séjours précédents, mais sur le rocher. Ayant trouvé un emplacement convenable au pied du *Rothhorn*, justement au-dessus du petit lac situé à l'angle de la bande transversale, sur un contrefort (promontoire) avancé de la rive gauche, nous commençâmes la construction de notre cabane le jour même de notre arrivée. Tout le monde y travailla avec ardeur, et dans la prévision qu'elle pourrait servir par la suite, nous cherchâmes à la rendre aussi solide que possible, en donnant 60 centimètres d'épaisseur au mur, construction en pierres sèches. — Les débris de la tente de l'année précédente furent employés à la construction du toit, et le troisième jour nous emménageâmes dans notre nouvelle habitation, qui, j'éprouve une certaine satisfaction à le dire, était parfaitement appropriée à son but ; elle pouvait même passer pour confortable comparativement aux précédentes. Ici du moins nous pouvions dormir sans crainte de voir notre toit s'abattre sur nous, et nous osions braver Construction du Pavillon de l'Aar (1843).

impunément même les attaques les plus violentes de la tourmente, car le toit était assujetti par d'énormes quartiers de rochers qui ôtaient toute prise au vent. Les interstices des murs étaient soigneusement bouchés avec du gazon et de la mousse. Une porte fermait l'entrée de la maison, et nous avions trouvé moyen de ménager dans le toit une ouverture en guise de fenêtre qui s'ouvrait et se fermait à volonté. A l'intérieur une table, des bancs, et même un bois de lit qui nous mettait complétement à l'abri de l'humidité. Aussi quand **M. Agassiz** vint nous rejoindre, il ne trouva pas assez de paroles pour exprimer son admiration pour ce chalet si commode et si confortable. Pour qu'on ne le confondît pas avec l'ancien *hôtel des Neuchâtelois* (1841), ni avec l'*Arche de Noé* (1842), tente qui remplaça l'hôtel, nous l'appelâmes **Pavillon de l'Aar.**

Visite et installation de collaborateurs.

ED. 14. Le surlendemain de notre installation, pendant que nous étions à dîner sur l'une des belles surfaces de granite arrondies et polies qui forment la terrasse du Pavillon, nous entendîmes sur le glacier le son d'un cor et les voix de plusieurs personnes qui se dirigeaient de notre côté : c'était toute une caravane de guides portant des couvertures, des ustensiles de cuisine et toutes sortes d'autres objets. En tête marchait d'un pas assuré un homme de haute stature, à longue barbe, qui n'avait en aucune façon l'air étranger au milieu de ces glaciers. Qui pouvait ainsi venir s'installer à côté de nous? — Était-ce un touriste, était-ce un naturaliste? — Qu'on juge de notre agréable surprise lorsque nous reconnûmes dans cet étranger **M. Dollfus-Ausset** de Mulhouse, qui nous avait déjà fait visite l'année précédente. Cette fois il venait avec son fils **Daniel** passer quelques semaines au bord du glacier. — Il se mit aussitôt à construire une cabane en aval de la nôtre — Le papa **Dollfus** dirigeait les travaux en vrai maçon; son fils surveillait la mise en place des roches du mur, afin que les guides en les posant ne perdissent pas de vue les lignes droites et les verticales, et que toutes les pierres se prêtassent un mutuel secours et appui (l'union fait la force).

En quelques heures, comme par enchantement, un mur de 1 mètre de hauteur formait enceinte autour d'une roche à surface polie et lisse, une grande toile à voile couvrait le tout : le gîte était achevé et on procéda au baptême de cette improvisation, qui fut appelée **La Smala.**[1]

DA. [1] Un des délicieux souvenirs de ma vie (et certes il ne s'effacera jamais de ma mémoire) fut le moment où j'entrai au *Pavillon*, et recevant la lumière scientifique des

Mais comme le Pavillon était plus commode, nous les invitâmes à loger avec nous, et la *Smala* fut réservée aux guides. **MM. Dollfus** restèrent avec nous jusqu'à la fin de la campagne et prirent part à tous les travaux.

DA. 1. Le Pavillon est construit sur un promontoire de la rive gauche à 100 mètres au-dessus du glacier inférieur de l'Aar; ce promontoir a un escarpement abrupt à l'Ouest, au bas un petit lac entre le roc et la glace. — Les guides montaient au sommet de l'escarpement, où gisaient d'énormes rochers qu'ils soulevaient au moyen de perches et les faisaient rouler dans le lac. Nous nous plaçions d'ordinaire sur la pente opposée pour contempler la chute. **M. Wild**, ingénieur, était le régisseur. Plus le bloc qu'on parvenait à soulever était gros, et plus l'effet produit sur les spectateurs était grand, surtout lorsqu'il arrivait au milieu du lac par un bond gigantesque, ou que, dans sa chute, il détachait des pentes, des cailloux qui couraient après lui comme la plèbe à la poursuite d'un héros déchu. Alors on applaudissait, on se passionnait comme au spectacle; des paris étaient ouverts comme aux courses de chevaux, et nos visiteurs, quels qu'ils fussent, prenaient toujours le plus grand intérêt à ces amusements; tant il est vrai que l'air des Alpes rend enfants les hommes les plus sérieux. Spectacle au Pavillon de l'Aar (1843).

Depuis 1843 jusqu'à ce jour (1862), les acteurs n'ont pas déserté, et toutes les années nous avons trouvé les *Taglioni*, les *Fanny Elssler* et tous les rats aux jambes dégagées prêts à faire le saut périlleux. La première danseuse qui se trouve sous la main est prise : elle roule en faisant des bonds variés sur la pente et sa chute entraîne des camarades. C'est un plaisir de trouver après une absence d'une année des danseurs qui, malgré froid, neige, vent et avalanches, sont à leur poste, sans augmentation de gages.

DA. 2. En 1844 j'ai passé deux jours dans un des chalets de l'Aarboden situé à une heure de marche du Grimsel, et à peu de distance de la pente terminale du glacier de l'Aar inférieur. Ce chalet, nous l'appelons *Geishütte* (cabane de chèvres). — Mon intention était d'observer rigoureusement de deux en deux heures le volume d'eau que débitent les glaciers de l'Aar et d'exprimer en poids le sable fin (la Pavillon de l'Aar (1844).

[1] **Agassiz** et **Desor**, je leur dis en leur serrant la main :

Gewährt mir die Bitte :
Ich sei in euerm Bunde der Dritte.

boue de glacier) charrié par l'Aar. — Toutes les dispositions d'observation étant prises, il s'agissait de mesurer la profondeur du torrent et de connaître son lit dans les différentes sections.

On sonde avec une perche, et les guides déclarent que la profondeur est telle, qu'un homme dans l'eau serait entraîné et ne pourrait marcher. — Mon guide-chef *Jaun*, montagnard d'une intelligence rare et à idées lumineuses et spontanées, me dit : « Mon cher Mon« sieur, je connais le moyen de mesurer les sections. — Voyez la ju« ment de l'hospice qui est en pâturage auprès de nous : elle est éton« née de nous voir parlementer et discuter; elle semble nous dire : « Mes braves gens, je veux vous aider à sortir d'embarras. — Con« cluez, concluez, *Jaun*. — Eh bien, voilà la conclusion : que l'un de « nous, muni d'une perche, monte sur le dos de la jument; elle mar« chera dans le torrent, elle en a l'habitude. — Non pas, non pas, « dit le malin *Bannholzer*, je connais cela : le courant l'entraînerait « si elle n'est pas chargée; nous nous mettrons dessus à deux. » — Deux guides sont à cheval. — *Hü!* simple stimulant de voix, et la jument aborde franchement la question ; elle entre dans le torrent sans hésitation : elle n'a ni licol à la tête ni fer dans la bouche, la tête tout-à-fait libre et dégarnie ; la main du premier cavalier, avancée du côté droit, touchant légèrement la tête, veut dire : direction à gauche; ce geste est parfaitement compris; l'opposé est l'avertissement pour aller à droite. *Hü!* dit à haute voix, la jument marche; en disant *Ho!* elle s'arrête. — La manœuvre se fait avec la précaution essentielle de marcher contre le courant et de sortir de l'eau en amont; puis de cheminer sur terre ferme jusqu'au point fixe en aval et de remonter le torrent au point fixe en amont. — La marche en travers à angle droit ferait chavirer jument et cavaliers. — Les temps d'arrêt étaient ponctuellement exécutés et assez prolongés pour voir à la perche marquée en centimètres la hauteur de l'eau; par ce moyen les sections étaient rigoureusement exactes. Dix fois la jument est entrée dans l'eau au point fixe en aval et dix fois elle est sortie en amont et tout cela avec une exactitude surprenante.

C'est vraiment curieux, et pour un amateur de chevaux beau et réjouissant de voir un cheval ayant la tête libre, sans licol ni fer dans la bouche, chargé de deux hommes, parcourir un torrent impétueux de couleur blanche sortant de la voûte du glacier, tenant du sable en suspens, des galets roulant avec bruit au fond, l'eau à la température de zéro, de 1 mètre de profondeur et plus, vitesse de l'eau,

200 mètres par minute, sur une largeur de 12 mètres. — Cheval de manège, entre mains et jambes savantes, marchant sur un tapis de sable élastique et uni, ne ferait certes pas mieux.

Sportmans et membres du Jockey-Club, **M. Baucher** même, auraient vu cette manœuvre avec étonnement.

DA. 3. Le Pavillon en 1843 était un abri, mais nullement une demeure à poste fixe pendant des semaines. — J'avais donné ordre au maître d'hôtel *Zybach* du Grimsel de faire bâtir une vraie maison sur le promontoire du Rothhorn, d'après un croquis d'architecture que j'avais tracé. Pavillon de l'Aar (1844).

Dès le mois de juin, le guide *Hans Wæhren*, maçon de son état, aidé d'un certain nombre d'ouvriers, a élevé l'édifice en pierres liées avec de la chaux ; un charpentier de la vallée s'est chargé de la boiserie, des portes, des fenêtres et du toit; et grande fut ma joie de voir en arrivant un chalet parfait. — Deux chambres spacieuses; d'immenses dalles de granite forment le plancher; chaque pièce avec porte et fenêtre et une cheminée servant de foyer ; sous le toit mansarde pour les guides ; un appendice servant de cuisine, un autre pour les provisions : — certes, c'était au mieux et nous étions confortablement logés, et cette construction est en 1862 encore en parfait bon état : elle a résisté, et affrontera vent et neige longtemps encore.

Les instruments pour les observations météorologiques sont exposés aux influences de l'atmosphère et les recherches glaciaires continuées avec persévérance.

Personnel.

Personnel.

Glacialistes : **E. Desor** et **Dollfus-Ausset.**

Guides : Hans Wæhren d'Im-Hof, guide, maçon de son état.

Hans Jaun de Meyringen, âgé de 38 ans, guide et chasseur de chamois.

Melchior Bannholzer d'Im-Boden, âgé de 30 ans, guide et remplissant les fonctions de valet de chambre.

Daniel Brigger d'Egerstein, 41 ans, guide et porteur de charges.

Caspard Nægeli d'Im-Grund, 22 ans, guide.

Heinrich Bossli de Wellingen, 21 ans, cuisinier.

Quatre individus pour tout faire : plus ou moins intelligents.

Cinq chèvres noires et blanches pour fournir le lait.

Cette année nous sommes parfaitement installés et le personnel nombreux, intelligent et actif nous promet une riche moisson de *nouvelles vérités physiques du globe.*

Par le beau temps tout allait pour le mieux. Le soir, après souper, on se couchait tout habillé sur les matelas, se couvrant des couvertures de laine et des manteaux, et le lendemain :

On se levait frais et dispos,
Toujours résigné à l'avance;
Nous nous livrions au travail, nous nous livrions au repos,
Comme le veulent les circonstances.

Bloc Agassiz. ED. 15. En nous rendant au glacier du *Trift postérieur* pour y établir une station d'observations sur le mouvement de ce glacier, nous passâmes pour la première fois cette année devant l'*hôtel des Neuchâtelois*. Nous avions hâte de revoir ce lieu où nous avions trouvé autrefois un abri contre le mauvais temps. Il nous avait semblé en l'apercevant de loin, au milieu de la moraine, qu'il était moins élevé que les autres années. Qu'on juge de notre stupéfaction, lorsqu'en approchant du bloc nous vîmes qu'il s'était partagé en deux morceaux [1]. La séparation s'était faite par le milieu, sans doute le long de ces fentes qui laissaient filtrer l'eau en 1841, lorsque la pluie ou la neige étaient abondantes. L'angle saillant tourné vers l'Abschwung, qui servait de toiture à notre gîte, s'était écroulé et avait écrasé, démoli, le mur qui fermait l'enceinte du côté du Midi. L'eau, en se congelant dans une fissure, avait probablement élargi la fente et amené ainsi la dislocation.

Vents impétueux, féroces. ED. 16. Un jour, en août 1844, le soir le vent de N-E commença à souffler avec une violence extrême, lançant dans l'air des tourbillons d'une neige fine et poudreuse qui pénétrait par tous les interstices des murs. Ne pouvant entretenir le feu, nous cherchâmes un refuge contre le froid sous les couvertures de notre lit. En pareille circonstance il faut savoir se résigner en attendant mieux, et je puis dire sans ostentation que cette vertu, qu'on dit si difficile, nous était devenue cette année assez familière par la pratique.[2]

DA. [1] Papa **Dollfus**, me dit l'ami **Desor**, nous avons passé des mois entiers dans une complète sécurité sous ce toit trompeur. Je lui réponds : Instabilité des choses ici-bas ; rien n'est fixe :

Kein Felſen widerſteht
So feſt der Macht der Zeit
Wie feſten Willens Beſtändigkeit!

Vos noms, qui illustrent le bloc, ne lui ont pas transmis le feu sacré de la *Beständigkeit*, vous avez tracé sur du sable mouvant. — Ce malheureux bloc n'a pas résisté, il s'est laissé corrompre.

DA. [2] La pratique s'établit naturellement, et quand on se trouve dans la douleur on devient inventif pour en sortir. Souvent, fort souvent, par mauvais temps, chutes de

J'aime encore à me représenter l'impassibilité avec laquelle mon compagnon de lit recevait les tourbillons de neige[1] et de sable fin que le vent nous lançait de temps en temps à la figure. Comme il arrive ordinairement, la tourmente se calma un peu le soir. Mais c'était pour recommencer de plus belle pendant la nuit.

A minuit nous fûmes réveillés par le craquement des planches du toit. Sans rien dire, nous faisions par devers nous quelques sérieuses réflexions sur notre fâcheuse position, lorsque nous fûmes témoins du colloque suivant entre deux de nos guides qui couchaient à côté de nous sur le foin, colloque que je regrette de ne pouvoir reproduire dans l'original, avec son caractère naïf :

« Le premier. — *Hans* (*Donners Donner!*[2]) écoute.

Le second. — Que veux-tu?

— Je crois que le *Gugx*[3] va nous emporter.

— Je le crois aussi. Que faut-il faire?

— Je crois qu'il nous faut réveiller nos messieurs.

— Je ne le pense pas. Car vois-tu, il en sera toujours temps quand le toit n'y sera plus.

— Eh bien, je crois que tu as raison. Il nous faut attendre et les laisser dormir tranquillement. »

A ce propos, mon ami **Dollfus** s'élance d'un bond hors du lit. — « Par cinq cents d....! ceci est trop fort, s'écria-t-il. Et vous vous imaginez que nous allions attendre, pour nous réveiller, que le *Gugx* nous emportât avec la cabane dans une crevasse! » Il se dirigea ensuite vers la porte, sans doute pour inspecter, à la faveur de la clarté de la nuit, l'état de la toiture; mais ne pouvant résister à la violence du vent, il revint tranquillement se remettre au lit, attendant qu'il plût à la tourmente de s'abaisser, ce qui arriva en effet vers les 4 heures du matin.[4]

neige et froid, faute de bois et surtout par l'inconvénient de la fumée qui nous forçait à éteindre le feu, on se mettait au lit en se couvrant les mains pour les réchauffer, afin de pouvoir rédiger les observations. — Plus tard j'ai remplacé les cheminées (foyers à la française) par des poêles en fonte qui nous rendent de grands services.

DA. [1] En hautes régions les vents et la tourmente par des chutes de neige sont tels, que la neige pénètre par les moindres fissures, et certes le dortoir n'était pas *hermétiquement fermé.*

DA. [2] *Donners Donner!* (Tonnerre de Tonnerre) est le seul juron que nos guides se permettent dans les moments critiques.

DA. [3] *Gugx*, prononcez *Gouks*, vent impétueux, féroce.

DA. [4] Cette année les vents violents et la tourmente étaient plus à l'ordre du jour que les années précédentes. Un soir ils étaient tellement féroces, que le guide chargé du service de la table fixa la corde de sauvetage à une poutre de la cuisine, l'autre

Nous quittons le Pavillon par 60 centimètres de neige fraîchement tombée.

DA. 4. Le 2 août 1844, à 2 heures de l'après-midi : 60 centimè de neige fraîchement tombée de deux jours couvraient le sol ; plu bois au gîte, plus de provisions à la cuisine. — Deux domestiques été en maraudeurs toute la matinée pour rassembler des branche genévriers rampants enneigés ; ils reviennent avec des quantités te ment minimes et prétendent s'être donnés tant de peine, que ce l'air de la mystification du conscrit : envoyé en maraude, il rapp un serin dans une cage et dit : « C'est tout ce que j'ai pu trouver p faire la ratatouille. »

« Partons, partons pour le Grimsel ; on pourra revenir demain trouvera du bois dans la vallée de l'Aar et on rapportera des vivre l'hospice. »

Il fait un temps un peu mauvais, vent N-E très-fort et fr neige fine et poudreuse en suspension dans l'air qui coupe la pe tout est blanc, on ne voit pas à dix pas.

Nous tînmes conseil avec nos guides pour savoir ce qu'il y ava faire. Les opinions furent partagées ; les uns voulaient s'en retour sur-le-champ et aller attendre le beau temps au Grimsel ; les aut proposaient de renvoyer au lendemain ; ils estimaient que cela au mauvaise façon de fuir ainsi devant un peu de neige : et puis, dirait-on de nous à l'hospice quand on nous verrait arriver ain la débandade ? — Néanmoins l'opinion des premiers l'emporta, lors le cuisinier nous annonça que les provisions allaient manquer si porteurs n'arrivaient pas. Du pain, il n'y en avait plus ; il ne restait p toute provision qu'une marmotte [1], et certes elle ne pouvait être ser

bout au mur du Pavillon, et en suivant cette corde de la main, il faisait le trajet local à l'autre. « Sans ce guide supplémentaire, disait-il, il est impossible de march

DA. [1] Un grand nombre de marmottes habitent les parages du Pavillon. Souvent guides en ont tué cinq à dix dans une matinée. — Nous avons fini par trouver moyen très-pratique pour tirer parti de ce gibier pour nos repas et nous nous fai un plaisir d'en donner la recette. — Videz soigneusement la marmotte, faites to le poil au moyen de l'eau bouillante ; sur un feu flamboyant, brûlez un peu la peau la débarrasser des poils qui ont résisté ; coupez chair et peau en petits morceaux quelques centimètres carrés et faites bouillir dans l'eau (en écumant) ; prolongez c cuisson au moins pendant douze heures (minimum de temps) : c'est là tout le sec Déversez le liquide et gardez-vous de le déguster : il est atrocement mauvais. Sur morceaux de marmotte versez du bouillon de mouton (pot-au-feu classique), ajoutez f poivre, servez chaud. Cette soupe aux marmottes est excellente ; son goût rappell soupe à la tortue qu'on mange en Angleterre. — Autre recette (concurrence aux li de cuisine). Dans une course au grand Saint-Bernhard en 1821, je prends gîte avec compagnons de voyage à Saint-Pierre (bourg à 1625 mètres alt.). Le maître de l'hôt l'enseigne du *Déjeûner de l'empereur Napoléon* nous servit une poule au riz.

pour le souper, nous savons par expérience qu'il faut la cuire au minimum douze heures; l'argument était sans réplique. Il est difficile d'être persévérant, le ventre creux. D'ailleurs nos chèvres étaient à jeûn depuis vingt-quatre heures, elles ne pouvaient rester plus longtemps au milieu de la neige sans courir le risque de périr. Il fut décidé de battre en retraite et d'abandonner la cabane au gré des vents et de la tourmente, comme nos amis **Bravais** et **Martins** firent de leur tente au grand plateau du Mont-Blanc, à peu près à la même époque.

Partons, partons pour le Grimsel!

Il fait un temps un peu mal, vent N-E fort et très-froid, neige poudreuse en suspension dans l'air qui vous coupe la peau; tout est blanc, on ne voit pas à dix pas.

On étale sur le sol la corde de sauvetage, nous nous plaçons à cinq pas de distance l'un de l'autre. Le guide *Daniel Brigger* est désigné pour ouvrir la marche; on lui fixe la ceinture de gymnastique autour des reins, la corde est attachée solidement aux anneaux en fer et, muni d'une perche de trois mètres de longueur, il ouvre la marche; quatre guides le suivent, tenant la corde de la main droite, puis viennent les chèvres pour élargir la voie; deux autres guides suivent le premier attaché à une nouvelle corde : l'ami **Desor** et moi prenons rang et tenons cette corde, un dernier guide ferme la marche [1]. Le cuisinier *Henri Bossli* reste seul au gîte. (Un seul trouve toujours moyen de moyenner, les cuisiniers surtout; ils conservent des restes pour la bonne bouche, une poire pour la soif.)

Nous nous mettons en marche en suivant la direction qui mène à la Trift, et abordons franchement le glacier. — A peine l'avant-garde a-t-elle fait quelques pas, que *Daniel Brigger,* qui marche en tête, se trouve en suspension dans une large crevasse; la colonne fait pas en

possible de la découper, elle est dure et coriace comme une semelle de soulier : pas moyen de l'entamer. Notre malin aubergiste riait sous cape et nous dit : « Cette poule-là, Messieurs, est je crois incuisable; elle a passé trois fois au pot-au-feu pendant des journées entières, et comme l'eau bouillante est plus chaude à Martigny qu'ici, je l'ai envoyée là en recommandant de la cuire fortement, et il paraît qu'elle a résisté. » Je lui répondis : « Cette poule, il faut la rôtir. » A notre retour du grand Saint-Bernhard on nous servit cette volaille rôtie, et tout le monde la trouva excellente.

DA. [1] Que de précautions, que de précautions vous avez prises! diront certes un grand nombre de touristes; nous leur répondrons : « Dans notre trajet du Pavillon au Grimsel plusieurs fois les guides munis de ceintures et attachés à la corde enfonçaient dans la neige et se trouvaient en suspension dans des crevasses. Nous ajouterons et répéterons : *Des précautions on ne saurait en prendre assez lorsque les glaciers ou nevés sont couverts de neige fraîche.* »

arrière en tirant à la corde, et il est remis à flot; puis contre-marche pour éviter l'obstacle. «Papa **Dollfus**, me dit l'ami **Desor**, surtout ne quittons pas la corde, fixons le poignet avec nos foulards, ce n'est pas du luxe.» Nous cheminons lentement et très-péniblement. — Colonne halte! La chèvre qui marche en tête s'est écartée de la voie tracée, elle est tombée à travers la neige dans une crevasse et se trouve prise à cinq mètres de profondeur entre les deux parois de glace comme un coin chassé dans un bloc de bois.

Le guide qui porte la ceinture de gymnastique est dévalé un peu plus bas que la prisonnière, les autres guides tirent à la corde, la chèvre est poussée et hissée jusqu'en haut; afin que les camarades (*Schwartzhæls* [1]) n'éprouvent pas le même sort, l'un des guides se couche sur le ventre à travers la crevasse, en appuyant les épaules et les bras d'un côté, et les pieds de l'autre côté; les chèvres passent sur ce pont-volant humain; nous en profitons aussi pour ne pas faire de contre-marche; le guide en arrière-file, après avoir passé à son tour, aide le pont à se relever. — Cela se pratique souvent ainsi, et ce jeu n'a étonné personne.

La caravane chemine lentement et péniblement, tantôt l'un, tantôt l'autre se trouve en suspension dans les crevasses; on fait des marches et des contre-marches dans la neige poudreuse de soixante centimètres de hauteur.

Une pluie battante nous attendait à la pente terminale du glacier. Nous ouvrons le compas, mouvement accéléré, et arrivons à l'hospice du Grimsel. L'hôtel est rempli de touristes, qui tous ont pris gîte depuis hier; aucun n'a osé bouger pour continuer sa route. — Le lendemain matin le temps est beau, le zénith outre-mer; le soleil est de nouveau une vérité; ciel découvert, nous retournons au Pavillon, nos hommes chargés de provisions et de bois de chauffage.

Pavillon de l'Aar. Émotions.

DA. 5. 1844, 13 août, 10 heures du soir.

La température intérieure du Pavillon est de + 1° et à la perche du drapeau tricolore qui flotte au gré des vents — 2°. — Pou---m! Une

DA. [1] Chèvres de belle espèce, grande taille, bien étoffées; poils d'une grande longueur de couleur noire très-intense à la tête, au cou et aux pattes de devant; le corps, la croupe et l'arrière-main blancs. — Ce coloris est très-favorable et même nécessaire pour voir les chèvres en pâturage à une grande distance, qu'elles soient placées sur la neige ou sur le rocher. L'homme a de tout temps su modifier le coloris, la taille des animaux domestiques pour ses besoins. — La nature vient en aide aux animaux sauvages : les lièvres des hautes régions sont blancs en hiver; dans les plaines ils sont couleur fauve.

avalanche de pierres au Thierberg, rive droite du glacier, vis-à-vis de notre gîte, à un kilomètre d'éloignement.

Desor. — « Papa **Dollfus**, y venez-vous ou n'y venez-vous pas ? A « la lumière, l'émotion, le coup de théâtre doit encore augmenter « d'effet. — Je réponds : En route ! »

Nos guides, *Hans Jaun*, *Hans Wæhren*, *Melchior Bannholzer* et le porteur de bagages *Daniel Brigger*, alignés sur un rang, attendent nos ordres.

« L'un de vous portera la lanterne, l'autre se munira de la ceinture « gymnastique et de cordes, le troisième prendra cette casserole en « cuivre et ce flacon d'eau de Lavande (à défaut d'alcool), et le qua- « trième mettra des bouts de chandelles dans ces entonnoirs de fer « blanc, afin que nous voyons clair; ce seront trois lanternes de plus. « — Le cuisinier préparera de l'eau chaude; à notre retour un verre « de groog nous réchauffera par le froid qu'il fait. »

Nous marchons lentement sur la pente, variant de 35 à 65 degrés, qui conduit au glacier; le gazon est gelé, la roche glissante et l'éclairage pas fameux, le zénith couvert et la lune absente.

Nous arrivons sur le glacier. — Tout le monde y est en bonnet de nuit (casque à mèche), passé sur les oreilles. Nous rions de bon cœur de nous voir dans cet accoutrement.

« *Bannholzer* [1] mettez la sangle (ceinture de gymnastique), qu'on « fixe la corde à l'un des anneaux, mais solidement. — Avez-vous « la petite casserole et le flacon d'eau de Lavande ? — Oui, Monsieur. »

Jaun et *Wæhren* attachent la corde à un piquet (perche en bois) fixé dans la glace; cette corde pend dans une crevasse au bord d'une paroi de roche en place.

Tout le monde, les uns après les autres, se laissent glisser le long de la corde. — Un cratère, caverne, couloir, crevasse (50 à 80 centimètres d'espace entre le glacier et la paroi de rocher) se dirige par 65 degrés de pente à 100 mètres de profondeur. Nous l'avions vu de jour; l'effet produit sur nos individus avait été tel, que les dents nous en ont tremblés (*Zæhn-Klappern*); nos cheveux se sont, je crois, dressés. — Nous voulions une plus forte émotion encore.

Bannholzer est à 30 mètres en aval de nous, sur l'infâme, l'atroce

[1] Le plus intrépide, le plus téméraire, le plus casse-cou de tous les guides passés, présents et à venir. — Adroit comme un singe, il se tire de tous les mauvais pas. — Il a émigré aux États-Unis avec *Bosli* le cuisinier; les autres guides, en 1862, sont tous morts ou rappelés auprès de notre souverain Maître.

plan incliné de couche de boue du glacier; tout le monde est à la corde pour le retenir, le feu est mis à l'eau de Lavande.....

Minuit au Pavillon.

Desor. — « Papa **Dollfus**, vous l'avez vu? »

Dollfus-Ausset. — « Oui je l'ai vu! Bonsoir! »

Pavillon de l'Aar. Hygiène.

DA. 6. 23 août 1844.

Le temps nous favorise peu; — depuis longtemps, trop longtemps, neige, pluie, brouillard, froid, vent et Gugs.

Nous ne nous décourageons pas. — Persévérance est écrit sur notre drapeau. — Tous les matins nous nous rendons au champ d'observations en regrettant de voir arriver la fin du mois, qui est l'époque du départ.

Un grand *improuvement* introduit, c'est l'*emploi du sel chauffé pour sécher les bas et la chaussure.* — Parole d'honneur, sans ce nouveau système de drainage d'humidité, nous finissions par marcher nu-pieds.

Je me fais un plaisir de communiquer aux amis cette innovation, elle trouvera des imitateurs. — Chasseurs, touristes et glacialistes sauront l'exploiter avec succès; la recette est théorique et pratique, et garantie par nous.

Ancien système. — Foin dans les souliers et dans les bas, et pendus auprès du feu, exposés au calorique rayonnant qui rôtit cuir et laine.

Nouveau système. — Chauffez dans un vase quelconque du sel de cuisine (en Suisse nul droit ne pèse sur ce produit, il est bon marché), ajoutez du sable ou toute autre matière, pour qu'on ne s'en serve pas plus tard à la cuisine; nous ajoutons de l'outre-mer.

Lorsque ce sel est bien sec et chaud, introduisez le dans la chaussure et dans les bas. Ce sel chaud: 1° transmet son calorique, qui évapore l'humidité; 2° il absorbe lui-même cette humidité évaporée. — Ce jeu répété deux ou trois fois, et vos chaussures seront parfaitement sèches, ainsi que les bas de laine.

Inutile de rappeler que les souliers ferrés doivent être graissés avec suif et huile pendant qu'ils sont mouillés et placés au courant d'air; l'eau s'évapore, la graisse pénètre, et ils deviennent imperméables à l'humidité. La meilleure graisse est celle des marmottes, et nous en faisons usage avec succès.

Pour compléter nos observations glaciaires de cette campagne, nous fîmes l'ascension au Rosenhorn (un des Wetterhœrner; voyez Ascension au Rosenhorn, T. IV).

DA. 7. De toutes les passions des montagnards, la plus forte et la plus dangereuse est celle de la chasse aux chamois. — Pendant nos séjours nombreux au Pavillon de l'Aar (1844 à 1862) nous avions soin de défendre à nos guides de *penser* à chasser, et nous ne leur accordions cette faveur que très-exceptionnellement. Pavillon de l'Aar. Chasse aux chamois.

Je citerai deux exemples de permission de chasse aux chamois qui prouvent combien est forte cette passion.

Un soir, un ami, sans le nommer je dirai que c'était un de mes neveux, A. K.....n, jeune, fort, robuste et chasseur intrépide en plaine, me dit : « Mon oncle, ton guide *Jaun*, chasseur, m'a assuré avoir vu des chamois dans les roches du Lauter-Aar, et je viens te demander la permission de l'accompagner demain. »

— « Certes, mon ami, accordé; tu te feras réveiller avant le jour. » — Le lendemain au déjeûner je suis étonné de voir *Jaun*, et je lui dis : Vous n'êtes pas en chasse, et le temps est splendide? — Il me répondit : Non, Monsieur, je n'ai pas fermé l'œil de plaisir toute la nuit; votre neveu, couché à côté de moi, a dormi comme une marmotte et il dort encore, ce n'est pas un chasseur; maintenant il est trop tard pour se mettre en route, cependant si Monsieur me permettait de m'absenter, je crois être sûr de rapporter un chamois, et votre parent le verra et pourra conserver la peau. — Cette permission est accordée, et à midi un chamois superbe est rapporté. »

DA. 8. Convenu avec un de mes neveux, J. D.....s, qu'il m'accompagnera aux glaciers de l'Aar, prendra gîte au Pavillon, et que je mettrais à sa disposition plusieurs intrépides chasseurs de chamois. Pavillon de l'Aar. Chasse aux chamois (1859).

Hans Jaun et les trois frères *Blatter* de Meyringen, tous les quatre chasseurs intelligents et de beaucoup de savoir-faire, se trouvent au rendez-vous. — Carabines, poudre, plomb et capsules, rien ne manque. Le temps est splendide.

Les chasseurs partent avant le lever du soleil, et à neuf heures ils sont de retour. — L'aîné des *Blatter* porte sur ses épaules un chamois superbe percé de deux balles, et les autres chasseurs l'avaient précédé pour nous annoncer le résultat de la chasse. — « Et mon neveu, où est-il? a-t-il vu le chamois? — C'est vrai, dit le cadet des frères *Blatter*, c'est moi qui l'ai dirigé et lui ai aidé à monter des pentes de nevé au Thierberg. Le chamois en vue, j'ai fixé votre ami jusqu'au gilet dans le nevé, et j'ai monté rapidement la pente, et c'est moi qui ai placé la seconde balle dans la poitrine du chamois; il était

« temps, sans cela il nous échappait; soyez sans crainte, votre ami, « nous le retrouverons à la même place, il ne saurait bouger; nous « ne pensions plus à lui, notre joie était trop grande. » — Je crois qu'il serait difficile de citer des distractions causées par cette passion plus fortes que cet exemple historique.[1]

Hospice du Grimsel. Hiver de 1841.

DA. 9. Par une journée froide de neige et de vent du Nord je n'étais pas sorti du Pavillon et j'avais mis au net mes observations. — Le soir après le souper j'ai demandé à mon guide en chef *Jaun* des informations sur l'auberge du Grimsel pendant l'hiver, sachant qu'il y a fait plusieurs séjours dans cette saison. Je transcris ce qu'il m'a raconté :

« L'hiver, l'auberge du Grimsel reprend sa dénomination primitive, *Spital* (hospice). L'argenterie, le linge, les ustensiles de cuisine et tout ce qui fait partie de la civilisation estdélogé, transporté à Meyringen. La literie et autres objets trop volumineux sont mis sous clef. Vaches, moutons, chèvres, porcs, domestiques, valets, sommeillers, femmes de chambre et *famille Zybach*, tout, absolument tout part fin octobre; un seul domestique reste avec un chien.

« En 1841 j'ai[2] eu l'immense avantage de faire séjour, seul et unique de l'espèce humaine, avec *Sultan*, chien de Saint-Bernard, comme vous vous plaisez de l'appeler; — c'est égal, ce chien, élevé à Meyringen par un boucher, a son mérite, je vous assure.

« L'occupation principale, et qui est celle de tous les jours, c'est la fabrication de chandelles de suif de chèvres et de moutons. Viande salée ou gelée, pommes de terre, fromage, riz, café, thé et eau-de-vie de grains (*Italiener-Schnapps*), sont les provisions de bouche. Mauvaise tourbe pour se chauffer et faire la cuisine; froid, neige et *Gugx* (vent impétueux, féroce) pour rafraîchissements.

« En novembre et décembre peu de neige couvrait le sol, le temps était beau; fort souvent des Valaisans et des gens de notre vallée prenaient gîte la nuit.

« Place au feu et foin par terre pour se reposer sont donnés d'office et

DA. [1] Le lendemain un de mes gens, qui n'a jamais tenu de sa vie une carabine en main, a été mis à la disposition de mon neveu pour l'aider dans les mauvais pas, avec ordre formel de ne pas le quitter. — C'est positivement le seul et unique moyen d'empêcher des distractions de la part du guide chargé de vous conduire et de vous aider dans les mauvais pas. — Un second chamois a été tué par mon neveu.

DA. [2] *Hans Jaun.*

gratis. Les pauvres voyageurs qui font la traversée sont nourris sans rétribution; ils sont peu nombreux.

« Le 3 janvier, il m'en souvient comme si c'était hier, en me réveillant le matin, j'étais alors seul dans la chambre basse; vous connaissez bien la chambre où travaille le cordonnier en été? — Sans doute. — Eh bien, c'est cette chambre qui est le quartier d'hiver; elle est très-basse, petite, une seule croisée pas bien haute, quatre vitraux. Le matin les deux vitraux supérieurs donnaient seul passage au jour; un mètre de neige fraîche depuis hier matin. *Sultan* avait l'air rêveur et sa mine me disait : Mon brave compagnon, adieu les veillées en société avec des camarades, plus de visites, résignons-nous, ayons patience.

« La neige se tassait au-dehors, de nouvelles chutes s'y ajoutaient, et fort souvent le vent était tel que je plaçais la chandelle dans une lanterne bien fermée; sans cette précaution elle s'éteignait dans la chambre (historique).

« Le 3 février est noté en craie blanche à la porte; ce sont 31 jours bien comptés que je n'ai vu ni âme qui vive. Le froid au thermomètre, je ne saurais vous le dire, mais très-sensible dans la chambre bien fermée et chauffée jour et nuit. J'avais froid. Je ferme le contrevent; la neige, je la tasse pour boucher complétement l'encadrement.

« Le jour n'arrivait plus dans la chambre. Une mèche dans la lampe alimentée par des déchets de suif brûlait toute la sainte journée; je voyais assez clair et je ne souffrais plus du froid. Je fabriquais des chandelles à force et fumais comme un Turc du tabac à 2 batz la livre. Le mois de février n'a que vingt-huit jours, il passera assez vite : d'ailleurs le temps peut changer.

« — Vous ne sortiez donc jamais de votre trou de marmottes?

« Certes, Monsieur, nous sortions, et souvent je faisais une promenade avec *Sultan*, le fusil sur l'épaule. La neige se tasse, l'ardeur du soleil sans vent fait dégeler la partie supérieure; elle se regèle et forme une croûte qui, surtout le matin, porte un homme.

« Le 13 février, c'était à neuf heures du matin, temps calme, ciel serein, très-froid, neige fraîche tombée la nuit; nous sortons, *Sultan* et moi. A cent pas de l'hospice, portée de carabine, je vois des traces (des pas) de chamois. Ils se sont dirigés du côté de l'Unter-Aar, ils reviendront : à l'affût sans perdre un instant. — Je transporte du foin au galetas (sous le toit), j'endosse tous mes vêtements, les jambes dans un sac, un bonnet de coton par-dessus les oreilles, *Sultan* à côté

de moi pour me chauffer. Un chien, c'est très-commode en pareilles circonstances, c'est une chaufferette qui ne s'éteint pas.[1]

« La carabine bien chargée, je suis resté immobile jusqu'à nuit complète ; — une faction de longueur sans boire ni manger.

« Le lendemain matin avant le jour je me remets en embuscade. Le vent a changé de direction pendant la nuit ; certes les bêtes reviendront.

« A sept heures du matin, à belle portée de carabine, je vois trois chamois superbes. — Le coup part, une bête tombe raide mort : c'est le bouc du milieu, je l'ai visé à l'épaule. Je descends de mon observatoire, *Sultan* me suit.

« — Et le chamois est rapporté en triomphe?

« En triomphe, et pourquoi en triomphe ? Personne ne nous voyait : ni âme qui vive n'était là. — Grand régal, rôti, bouilli, hachis de chamois pour moi et *Sultan* pendant plusieurs jours ; la peau soigneusement conservée.

« — Cela vous a donné courage et a remonté votre moral pour les jours à venir?

« Cette chasse, à coup de fusil de maître, a descendu mon moral aussi bas que possible. — L'ennui, oui Monsieur, l'ennui a pris logement. C'est un vilain hôte qu'on ne chasse pas facilement. — J'ai tué un chamois superbe, la peau est là : elle atteste que la bête était belle ; les cornes sont magnifiques, et cette chair succulente et excellente, moi seul je dois savourer ce parfum de gibier que les touristes recherchent ; c'est *Jaun* et *Sultan* qui le mangeront sans avoir faim. — La balle a frappé juste ; ce beau coup de carabine, personne, pas âme qui vive ne voit ce coup de maître.

« Patientons, patientons, le temps changera et bientôt nous verrons du monde. Qu'en pense *Sultan*? Il reste muet, ce fidèle compagnon et me lèche les mains.

« Si seulement un homme de notre vallée venait à moi, oh ! alors il serait sûr d'être régalé un peu bien. Voici une bouteille d'eau-de-vie, je la mets de côté pour ce moment bienheureux ; ce morceau de filet de chamois, je le fume soigneusement au feu de tourbe pour la grande occasion ; cette pipe sera un cadeau au bienheureux qui se présentera ; ce paquet de Portorico, six batz la livre, lui sera remis : certes il ne pourra pas se plaindre.

DA. [1] Parfaitement pratique par le froid à toutes les altitudes.

« Les jours se suivent; je me remets aux chandelles; il fait moins froid, la neige se tasse, je rétablis le jour par la croisée. — 20 Février : encore huit mortelles journées jusqu'à la fin du mois. Muni de la lunette d'approche (*spectifi*), je montais tous les jours sur la hauteur du côté du Valais. Décidément ils ne sont pas pressés; patientons, patientons.

« Je n'avais plus faim, la soif était presque nulle, je fumais peu. Toutes les nuits je rêvais et le jour je faisais des chandelles qui ne réussissaient pas; j'étais malade, positivement malade.

« Enfin, à la fin de toutes les fins, le 5 mars à six heures du soir, l'horloge (le *coucou*) de la Forêt-Noire sonnait le dernier coup de six : *Sultan* aboit; depuis longtemps, depuis des mois, il n'avait donné de la voix.

« *Joseph Platter* d'Obergeschelen (Valais) ouvre la porte. Il entre dans la chambre, et je lui dis aussitôt tout joyeux : Vois-tu cette peau de chamois, c'est moi qui l'ai tué, ce superbe bouc. Cette pipe, ce tabac, je t'en fais cadeau. Je verse de l'eau-de-vie dans deux verres et je lui dis : A ta santé; il vide son verre avec calme et me répond : *Jaun*, faites-moi un peu de soupe, j'ai faim et sommeil. — J'aurais pu le battre cet infâme Valaisan; ils sont tous les mêmes, cela n'a pas le sentiment de la chose. Si j'avais tenu un des nôtres, nous eussions fait une vie de joie, nous nous serions livrés à la boisson, les cartes et le tabac. C'est égal, j'étais content. Quelques jours plus tard *Daniel Brigger* est venu me relever de ma faction. J'ai emporté la peau à Meyringen, elle a été tannée et je vous l'ai envoyée.[1] »

DA. 10. En 1850 au Pavillon de l'Aar. — Je demande à mon guide en chef *Hans Jaun* : « Avez-vous une communication ou une observation à me transmettre depuis l'année passée? » Passages difficiles.

« Nulle observation intéressante, mais une nouvelle invention de transport de touristes, surtout très-pratique pour les dames. — Vous savez combien on est obligé de se donner de peine et quelle difficulté on éprouve de faire franchir des pentes abruptes de glace ou de neve aux touristes et aux dames surtout. — Dans une course à travers la Strahleck, on avait mis le bagage des touristes dans un grand sac, qui était transporté par un porteur. Dans un passage très-difficile, après avoir cherché de tout côté une voie un peu passable, je n'ai trouvé que des pentes abruptes de glace donnant contre une crevasse

DA. [1] Certes, *Jaun* était chasseur de chamois passionné.

affreuse, et j'ai déclaré aux touristes qu'il fallait descendre là ou retourner sur nos pas; pas moyen de faire autrement : les autres guides ont fait la même déclaration. Les touristes répondent *jamais*, et je voyais le moment qu'on allait battre en retraite. Et vous savez que ce n'est pas dans nos habitudes.

«Le sac au bagage est vidé sur la glace, les provisions qu'il contient sont mises à jour, on mange peu, on boit moins encore : tout le monde est contrarié et de mauvaise humeur. — Je vois le sac vide et dis en moi-même : mais que nous sommes donc bêtes; et aussitôt je place le plus jeune des guides dans le sac, nous nouons la toile avec la corde dans la partie supérieure, le restant de la corde est tenu par nous tous, et l'individu dans le sac glisse lentement sur la pente et est suspendu dans la rimaye (crevasse); il se hisse de l'autre côté et se trouve sur glace ferme. — Le plus intrépide et courageux des touristes est soumis au même jeu et arrive à bon port, notre camarade au bas lui aidant; puis c'est le tour d'une dame, puis de deux messieurs, nous autres nous avons fait des entailles dans la glace avec la hache; au bas de la rimaye on nous a jeté un bout de corde, et nous sommes arrivés parfaitement au Grindelwald.[1]»

Pavillon de l'Aar. DA. 11. A 2400 mètres alt. au Pavillon de l'Aar; dès que l'Ami Soleil a disparu derrière les *Hugi-Hœrner*, le souper est servi, — le menu est invariable. Soupe au bouillon de mouton, auquel on a ajouté du riz et des tranches de pain en masse. Mouton bouilli et pommes de terre en robe de chambre (bouillies). Côtelettes de mouton. Omelette et pruneaux cuits. Vin ordinaire du Valais. — Après le souper, du café noir ou du groog. — Puis on allume le cigare ou la pipe. Puis on discute sur les affaires glaciaires et des hautes régions des Alpes. — En règle générale ces discussions ne se prolongent que le temps que met un cigare à brûler jusqu'au bout, et tout le monde gagne le matelas pour se reposer.

Au Pavillon on est très-matinal, et tout le monde est sur pied dès qu'il fait jour. Ce sont les allures classiques en hautes régions.

DA. [1] Cette locomotion dans un sac est positivement très-pratique. En hautes régions il n'y a pas de fausse honte; moi-même j'ai été mis dans le sac, et les guides m'ont fait passer sur des crevasses couvertes de neige ou de nevé d'une faible épaisseur formant pont. Il ne s'agit pas d'aller en hautes régions et de faire des ascensions : il faut revenir, et les précautions ne sont pas du luxe. Je le répète, on ne saurait en prendre assez. — La conservation matérielle avant tout : — quand on est mort c'est pour longtemps.

Dans certaines soirées, après le souper, on se permet le second cigare ou une seconde et troisième pipe, et un groog supplémentaire; oh! alors les discussions finissent par des anectodes de hautes régions. — Il me souvient de quelques-unes de ces citations que je transcris. Je les fais précéder du nom du narrateur.

DA. 12. **M. de Charpentier,** géologue et glacialiste d'un mérite supérieur et d'un grand savoir-voir, me dit un jour : « Certes, **Monsieur Dollfus,** nous qui vivons des mois entiers en hautes régions de nos sublimes Alpes, et qui voyons et étudions les glaciers en activité, nous sommes parfaitement d'accord que les terrains et les dépôts erratiques, les blocs dispersés, etc., ont été transportés sur le dos des glaciers d'une grande étendue par des glaciers monstres comparativement à ceux d'aujourd'hui. Nous savons de plus que les glaciers en activité usent, polissent, strient et rayent les roches qui les encaissent. — Vous avez vu ce matin avec votre ami **Collomb** les blocs monstres de Monthey. Ils ne sont certes pas tombés du ciel; un grand nombre portent leur extrait baptistaire : la *boue de glacier*. — L'immortel **De Saussure** attribuait ce transport à des *courants d'eau monstres*. Cette théorie, propagée par les professeurs, publiée dans tous les traités de physique du globe est d'accord avec le déluge transmis par l'Écriture-Sainte; elle a été sanctionnée par le clergé et acceptée sans opposition. **De Charpentier.** **De Buch.**

« Autrefois, jadis, le soleil tournait; aujourd'hui c'est la terre (le globe que nous habitons) qui tourne. Les rôles sont changés. Certes cette vérité, personne ne la met en doute. — Il n'en est pas de même du terrain erratique; bien des années s'écouleront jusqu'à ce que cette vérité glaciaire soit acceptée. Ni vous ni moi, mon cher ami, ne verrons ce moment-là, et cependant les glaciers nous le disent tous les jours, et certes ils doivent être entendus dans cette question. La nature n'est pas menteuse. — Ce qui me peine, c'est de trouver des hommes supérieurs, des hommes d'une position sociale et scientifique haut placés qui ne veulent pas voir; je répète qui ne *veulent pas voir*. Je ne parle pas de ceux auxquels il est défendu de voir, et qui n'ont pas assez d'indépendance pour *oser*[1] voir. » — **M. de Charpentier** ajoute :

« Le temps passe vite lorsqu'on cause science; il se fait tard, mais peu importe. Les esclaves seuls ont des heures, l'homme libre se

DA. [1] *Oser.* Le *Cardinal de Richelieu* a dit : « Je fais grand cas d'un *oser* et je sais tout ce qu'il vaut. »

plaît souvent à prolonger les discussions; aujourd'hui je suis en veine de bavarder, et permettez que je vous raconte une anectode qui confirme le *non vouloir voir* :

« Vous connaissez **M. Léopold de Buch** ? — Certainement. — Ce géologue d'un mérite supérieur est un intrépide marcheur, il chemine toute la journée en chaussure légère et en bas de soie. Pour tout bagage un parapluie, et dans la poche de son habit noir une chemise de rechange (historique).

« Un jour il frappe à ma porte et me dit : Au glacialiste salut, je suis exact au rendez-vous, nous partons à pied pour l'Italie demain matin à soleil levant, mais à une condition : vous ne parlerez pas de vos terrains erratiques glaciaires. — Je lui répondis : Et vous, mon cher ami, vous ne chercherez pas à me prouver que les blocs perchés et autres matériaux erratiques ont été transportés par vos courants d'eau monstres. — Parfaitement d'accord, nous nous serrons la main en disant à demain, à demain matin.

« A soleil levant nous sommes sur pied, la tasse de café classique est prise. Partons. — **De Charpentier,** vous portez du bagage? (j'avais pendu sur le côté un petit, très-petit sac); ce sac d'écolier me donne des inquiétudes; laissez ce sac à la maison et mettez son contenu dans la poche; faites comme moi, c'est pratique. — Je me suis franchement éxécuté, c'était un ordre pour moi.

« Un soir, un peu avant le coucher du soleil, nous nous trouvions dans le Haut-Valais sur rive droite, avant d'arriver à Obergeschelen. Un bloc erratique monstre, superbe, bordait le sentier étroit que nous parcourions; ce bloc est perché sur un promontoire, je marchai en tête et m'arrêtai pour l'examiner. **M. de Buch** me rejoint et me dit : **De Charpentier** ne vous arrêtez pas, la nuit va nous surprendre, rappelez-vous vos engagements. — Ce bloc était superbe, il était perché si témérairement que l'on craignait que le moindre souffle le fasse chavirer. J'était muet, le bloc parlait, mais on ne voulut ni le voir ni l'écouter.[1] »

Zermatt (1838). ED. 17. En août 1838, après une marche de longueur, par une chaleur excessive dans le Haut-Valais, nous aperçûmes enfin le clocher de Zermatt, qui n'était plus qu'à une petite distance. Tout le

DA. [1] Le glacialiste fait causer les roches et prend leur narration au sérieux. Grand nombre de géologues disent : « A beau mentir qui vient de loin. » — Ce bloc venait de loin.

monde oublia la fatigue du jour pour accélérer le pas. On nous avait dit que nous pouvions loger chez le docteur.... — Voilà une enseigne. — « Est-ce ici la maison du docteur? » demanda M. Studer à un individu qui vint auprès de nous. — Oui, Messieurs, et c'est moi qui suis le docteur. — Comment c'est vous? — Au reste, pourvu que vous nous logiez bien.» Sa femme était aussi accourue à notre rencontre. Elle avait l'air bien plus dégagée que son docte conjugal; elle nous promit de faire de son mieux pour nous satisfaire, en même temps elle nous fit voir plusieurs chambres proprement tenues, dans lesquelles nous prîmes nos quartiers. — Dans le livre des étrangers, qui en était à sa première année, nous reconnûmes parmi les cinq ou six voyageurs qui nous avaient précédés plusieurs personnes de notre connaissance : c'étaient des botanistes et des zoologistes suisses. Décidément les touristes n'ont donc pas encore infesté cette vallée ? [1]

En attendant que la *minestra* fût préparée, nous allâmes jeter un coup d'œil sur les sites avoisinants. — C'est vraiment un monde unique. Regardez donc ces champs d'orge suspendus aux flancs des montagnes et à près de 300 mètres et plus au-dessus de la vallée. Et ce système d'irrigation ! comme on a tiré parti de tous les filets d'eau pour fertiliser ce sol froid et ingrat. L'on ne sait ce que l'on doit le plus admirer, ou de cette nature si grande et si sévère, ou de la persévérance de l'homme qui, à force de travail, parvient à lui arracher quelque maigre tribut. — Voyez ces pauvres et misérables chalets qui n'ont de beau et poétique que leur site et la petite chapelle blanche qui s'élève du milieu de chacun d'eux. Les emblèmes de la religion ont quelque chose de touchant au milieu de cette nature si grande, si imposante, et de ce peuple si probe et si pauvre. — L'impression que l'on éprouve est telle, qu'on en est presque à regretter notre civi-

DA. [1] Dans la vallée de Zermatt il n'existait en 1838 ni cabarets, ni auberges; c'était alors l'usage que le curé ou le pasteur hébergeât les voyageurs. C'était fort incommode, parce qu'on vous traitait en homme qu'on consent à recevoir, et que, d'un autre côté, ne pouvant exiger un compte, on était plus mal et on payait plus cher qu'ailleurs. — En 1846 j'ai passé à Zermatt pour franchir le col de Saint-Théodule; il y avait alors une auberge bien mesquine sous tous les rapports et trente voyageurs en tout étaient inscrits dans le registre de l'hôtellerie. Plus tard le nombre des voyageurs a augmenté d'année en année, et en 1862 il y a hôtels, cabarets, cafés, billards, boutiques pour marquer les bâtons, guides, porteurs et chevaux en masse. — Pavillon et logement au Riffel; cabane et lits au Saint-Théodule à 3300 mètres alt. — « Votre intention est de visiter la vallée de Zermatt ? » dit un touriste à un de ses amis, touriste de salon. — « Cher, c'est parfaitement porté; la contrée est délicieuse, ravissante, parole d'honneur! on en parle beaucoup. »

lisation; que par charité pour eux l'on voudrait laisser ces bonnes gens dans leur ignorance et leur simplicité, si la destination de l'humanité n'était pas de marcher au développement intellectuel par toutes les voies qui lui sont ouvertes.[1]

L'Ami Soleil. DA. 13. Un soir (il y a bien des années depuis cette époque), après une belle journée, les convives au Pavillon de l'Aar était nombreux. Glacialistes, photographes, peintres et des amis touristes (qui avaient passé la Strahleck) étaient tous de fort bonne humeur.

« Eh bien, papa **Dollfus**, dit un des amis, aujourd'hui c'est le moment de nous démontrer, verre en main, quelques faits glaciaires.»

« Qu'on mette quelques bouteilles de champagne dans un mélange frigorifique de sel et de glace, et qu'on apporte un grand baquet en

DA. [1] Voies ouvertes pour propager dans les hautes vallées le développement intellectuel et apporter plus de bien-être physique et matériel aux habitants.

Le montagnard est méfiant, c'est dans sa nature; il n'accepte que sous bénéfice d'inventaire (comme on dit dans les études de notaires).

Parcourant le Haut-Valais, je dis à l'aubergiste de Münster : « Parole d'honneur, vos voies de communication sont toujours les mêmes : chemins pierreux et étroits, très-mal entretenus, pénibles pour les piétons et pour les chevaux; d'Obergeschelen à Viesch, pas moyen d'aller en char, le trajet est long; ce serait dans votre intérêt de perfectionner vos chemins et de les rendre carossables : vous auriez auberge pleine. » — Il me répondit : « Sans doute, mon cher Monsieur, nous le savons parfaitement bien, nous autres aubergistes; nous sommes pour le chemin de voiture, mais MM. les curés disent (et ils sont d'un grand poids dans la balance) que le contact de la civilisation de la plaine créerait des besoins et communiquerait de mauvaises habitudes à leurs paroissiens. — Les gens de la vallée eux aussi sont opposants et soutiennent que si nous faisions une route carossable, les hommes de loi et tout leur cortège, huissiers, notaires, etc., nous envahiraient; ils prétendent surtout (et c'est leur cheval de bataille) qu'ils paieraient plus de contributions que maintenant. — Nos montagnards sont des malins ; ils disent : si nous établissons des communications faciles et bien entretenues, nos porteurs de bagages, nos chevaux de charge et de selle seront supprimés comme sur le Saint-Gothard. — Des amateurs de beaux sites établiront des maisons de campagne, — nos chalets feront triste mine à côté de ces constructions splendides : — restons comme nous sommes, nos aïeux s'en sont bien trouvés; restons indépendants et libres. Mieux vaut manger du pain noir en liberté que du pain blanc dans l'esclavage. — Un *tiens* vaut mieux que la promesse incertaine de deux *tu auras.* » — Le maître d'hôtel ajouta : « Ceux qui influencent le plus nos montagnards dans les époques de votes universels, ce sont les gens de la vallée qui ont voyagé et qui, tourmentés par le mal du pays, rentrent chez eux; ils disent : La civilisation en plaine, c'est la corruption, c'est la peste, c'est un mauvais génie qui vous tourmente jour et nuit; on mange, on boit, on vit tellement bien, on fume du tabac tellement bon, on est logé si confortablement, qu'on n'a plus rien à désirer tant que l'argent ne manque pas; mais dès que ce dieu de la terre déloge, oh alors! misère et compagnie! on regrette trop tard ces mauvaises habitudes et on est positivement malheureux : le physique est souffrant et le moral est abattu.

bois rempli de neige ou nevé et des verres à boire ordinaires.» — A la neige on ajouta du sel, on y plaça les verres remplis d'eau à une basse température; au bout d'un moment l'eau qui touchait les parois des verres avait une certaine épaisseur de glace, on égoutta l'eau, on les approcha du poêle en fonte très-chaud pour opérer une légère fusion des parois adhérentes, un verre de glace parfait sortait du moule, on versa le champagne frappé à zéro.

« Tel que vous avez vu la glace adhérente au verre, tel les glaciers sont adhérents au sol au-dessus de la limite des neiges temporaires qui se trouve à 300 mètres au-dessus du Pavillon, à peu près 2700 mètres alt. On ne trouve pas de roches polies ni burinées au-dessus de cette altitude; au-dessous le glacier n'est plus adhérent et le torrent charrie la boue fine que les professeurs appelent *Læs*, *Lehm* ou *diluvium*. — Les agronomes lui donnent le nom de terre végétale. Nous autres glacialistes nous l'appelons *boue de glacier*.»

Les verres de glace ne s'étaient pas fondus pendant cette explication, et le champagne fortement frappé fut de nouveau versé, et alors, voyant le sourire sur toutes les lèvres et la gaieté dans tous les yeux, je porte un toast :

« A la boue de glacier! à la terre végétale dans la civilisation! Sans glacier pas de boue glaciaire, la roche à nu partout, et si le glacier ne l'a pas toujours déposée directement, c'est lui qui est l'auteur, le fabricant de cette terre que nous cultivons! .... »

Je suis assez osé pour dire que les glaciers étaient autrefois monstrueusement grands, et puisque nous savons qu'ils sont adhérents en hautes régions, nous pouvons les élever très-haut au-dessus des surfaces polies. — Un ami demanda : à quelle hauteur au-dessus du Finster-Aarhorn? — A la hauteur de nuages qui n'ont aucune fixité d'altitudes; nous en voyons au-dessous, nous en voyons au-dessus du Finster-Aarhorn.

On demanda un moment de silence pour un ami qui veut débiter un petit cantique; le silence établi, cet ami fait l'introduction suivante : « Messieurs, je me sens dans votre air ambiant à 2404 mètres d'altitude tellement à mon aise, et la journée a été tellement belle, que nous avons passé la Strahleck sans fatigue; — je porte un toast à l'Ami Soleil, que je terminerai par une chansonette :

L'Ami Soleil.[1]

En fait d'amis, il n'en est guère
Dont la visite à mon réveil,
Parvienne aussi vite à me plaire
Que celle de l'Ami Soleil !
Impossible qu'on lui résiste
Quand d'amour il vient vous parler ;
Impossible de rester triste
Quand il prétend vous consoler.

Il met la vigueur dans nos veines
Et le courage dans nos cœurs ;
Dans nos amours et dans nos peines
Il combat et nous fait vainqueurs.
Dans le salon quand il regarde,
Il rajeunit les vieux tableaux,
Et fait chanter dans les mansardes
Les enfants avec les oiseaux.

C'est lui qui donne à la jeunesse
Ses beaux transports de liberté ;
C'est lui qui verse à la vieillesse
Le vin, le rire et la santé.
Au paradis comme sur terre
On aime sa joyeuse humeur ;
Il est bien avec Dieu le père,
Qui l'a fait son ambassadeur.

Sur les coteaux, le long des treilles,
Quand il passe d'un air content,
Il fait les grappes plus vermeilles,
Pour le vigneron plus chantant.
Il fait jaillir comme un lait d'or
. . . . . .
Le blé, suprême nourriture
De ce vieux monde, enfant encor.

De le voir les fleurs sont heureuses,
Et c'est devant lui seulement
Que leurs corolles langoureuses
S'entr'ouvrent amoureusement !...
Et du parfum des fleurs de France,
Bouquet par lui-même assemblé,
Il fait un rayon d'espérance
Pour le front du pauvre exilé.

Il compte dans ses amoureuses
La Muse aux rustiques chansons.
Le souffle de toutes joyeuses
A l'orchestre ailé des buissons
Il passionne l'alouette
Tous les matins de son retour ;
Et vers lui monte la coquette
Avec de petits cris d'amour !..

Sans lui le ciel fait triste mine
Et fond en pleurs dans son ennui ;
Quand il revient, tout s'illumine,
Et l'arc-en-ciel brille pour lui.
Généreux, même aux égoïstes,
Il sourit aux cœurs fatigués,
Fait moins tristes ceux qui sont tristes,
Et rend plus gais ceux qui sont gais.

Avec des regards pitoyables,
Soleil, l'ami de tous les pays,
Aux sauvages, aux pauvres diables,
L'hiver, épargne des habits.
Et la Bohème vagabonde
Se chauffe à ses regards de feu,
Quand il fait les honneurs du monde
Dans le grand salon du bon Dieu.

Quand l'un de nous se sent malade,
Il demande l'Ami Soleil ;
En recevant son accolade,
Il retrouve un teint plus vermeil.
Mais si le ciel veut qu'il succombe,
S'il doit partir malgré nos pleurs,
Tous les jours visitant sa tombe,
L'Ami Soleil y met des fleurs.

Pour la terre, sa vieille femme,
C'est un mari des plus constants ;
Quand ils s'embrassent, quelle flamme !
On croirait qu'ils n'ont que vingt ans !
Avec eux tout se renouvelle :
Le champ, le pré, l'arbre fruitier,
Et pendant leur noce éternelle,
C'est la noce du monde entier !

DA. [1] Poésie par **Ed. Plouvier**, musique par **L. Darcier**. — Voir dans les *Cinq Centimes illustrés*.

ED. 18. L'hospice du Grimsel est en général désert pendant le jour. La plupart des voyageurs ne font qu'y passer la nuit et continuent leur route le lendemain de très-bonne heure, ce qui fait qu'on y est tranquille pendant une partie de la journée. C'est à l'approche de la nuit qu'arrivent les touristes, les uns à cheval, les autres à pied, quelques-uns en chaise à porteur, d'autres (en grande minorité) transportés à dos d'homme par suite d'accidents ou de fatigue. Hospice du Grimsel (1842).

Pour ceux qui trouvent quelque amusement à passer en revue les types variés de ce monde bigarré, il y a là matière à une foule d'observations. L'individualité se dessine ici bien plus fortement que dans les relations de la vie ordinaire, et l'on ne retrouve point cette uniformité dans la manière d'être qui rend souvent la société des villes si insipide. La condition sociale des individus s'efface complétement, et personne ne songe à s'en enquérir, à moins qu'elle ne se trahisse d'elle-même. — Un commis-voyageur ou un clerc de notaire se reconnaîtra ici comme ailleurs à son bavardage insipide et ignorant, de même qu'un cuisinier ou un brasseur, voyageant en grand seigneur, se fera toujours remarquer par son air exigeant et son allure brutale. Mais les gens d'éducation et de savoir-vivre s'abordent plus librement qu'ailleurs. Il y a d'ailleurs dans l'allure de la maison, dans l'arrangement de la salle, et surtout dans l'air de la montagne, quelque chose de liant qui exclut l'étiquette.

Rien n'est amusant comme de comparer l'effet que produit la pluie sur les touristes, suivant qu'ils ont l'imagination plus ou moins impressionnable. Les uns sont en colère contre ce maudit pays et trouvent que tout y est détestable; d'autres sont livrés à une profonde mélancolie; enfin il y en a aussi, et ce sont les plus sensés, qui se résignent ou se consolent dans l'espoir que le beau temps reviendra. Bienheureux encore ceux qui ont apporté de quoi se changer, car la garde-robe de l'hospice ne compte qu'un seul habit, le *frac universel de M. Zybach*. Ce frac demi-laine fauve, comme en portent les paysans de l'Oberland-Bernois, est d'une ampleur à l'épreuve de presque toutes les poitrines, et souvent il donne aux voyageurs qui en sont affublés, surtout lorsqu'ils ne sont pas d'une taille imposante, un air très-extraordinaire. Je n'oublierai jamais la figure de mon ami **Nicolet**, lorsque, arrivant un soir à l'hospice, je le trouvai abrité sous cet énorme frac. — Le lendemain c'était le tour de **M. Ch. Vogt.** Ceux qui ont l'avantage de connaître ce jeune homme n'imagineront pas qu'un habit quelconque puisse être trop large pour lui. Aussi m'a-t-on assuré qu'il avait très- Frac universel de *M. Zybach*.

bonne façon dans cet accoutrement. Tout le monde le prenait pour le propriétaire de l'hôtel, et les dames, confiantes dans l'expression bonhommique de sa figure, ne craignaient pas de lui faire part de leurs moindres inquiétudes. Le lendemain matin tout le monde s'étonna en voyant le maître d'hôtel de la veille, en habit de naturaliste, prendre le chemin du glacier.

Plus tard, un soir que nous étions à souper à la table de l'hospice du Grimsel, pendant que la neige, la pluie et le vent battaient les fenêtres de la maison, *Mlle Marguerite* (*Gretly*), la jolie fille de *M. Zybach*, accourut nous annoncer d'un air malin qu'il venait d'arriver un monsieur comme elle n'en avait jamais vu de si gros et de si mouillé. — « Il faut le faire entrer », crièrent tous les convives. — Un instant après elle reparut en effet suivie d'un énorme personnage, véritable colosse, qui ne faisait que répéter : *Je veux un appartement pour moi tout seul, entendez-vous? pour moi tout seul.* La salle était à peine assez haute et l'embrasure de la porte avait juste la largeur nécessaire pour lui donner passage. *Marguerite* le conduisit auprès de la cheminée ; mais il n'en voulut rien, disant qu'il n'avait jamais froid, mais toujours faim. Le lendemain matin la personne que je rencontrai, en descendant à la salle à manger, fut le gros monsieur dans le *frac universel*.

Hospitalité dans les Alpes.

ED. 19. Nous cheminions, **Nicolet** et moi, le long de l'Aar, nous dirigeant vers le Grimsel, lorsqu'une averse nous surprit presque inopinément. Nous n'eûmes que le temps de nous réfugier sous le toit de l'un des chalets de l'Urweid. — Bientôt nous vîmes aussi arriver les gens de la maison, deux femmes et quatre petites filles. Elles nous saluèrent avec un air de compassion et paraissaient étonnées que nous n'eussions pas de parapluies [1]. Leurs cheveux blonds et leur teint clair nous frappèrent. — « Voilà bien, me dit **Nicolet**, la meilleure preuve que les habitants de cette vallée sont suédois [2]. Quel contraste avec les Suisses d'origine helvétique! Voyez cette expression de bonté dans ces figures, cela ne se rencontre que chez les races germaniques du Nord. » — Cependant la pluie continuait à tomber à

DA. [1] Dans la vallée de Hasle tout le monde possède un parapluie (un riflard) quelconque.

ED. [2] On sait que les habitants de la vallée de Hasle prétendent être les descendants d'une colonie suédoise. Bien que les recherches historiques n'aient pas encore donné une certitude sur ce point, il y a cependant de grandes probabilités en faveur de cette tradition.

flots, sans que nos blondes Scandinaves nous invitassent d'entrer dans leur chambre; ce que voyant, je ne pus m'empêcher de faire part à **Nicolet** de mes doutes sur la bonté qu'il avait prétendu lire dans la physionomie de ces gens, et qu'il revendiquait comme un caractère de race. — «C'est vrai, me dit-il, l'hospitalité suisse n'existe plus, c'est de nos jours un mot vide de sens; et cependant, quand j'examine la physionomie de ces femmes, je ne puis m'empêcher d'y voir une expression bienveillante. — Mais que voulez-vous? toutes les théories sont menteuses, même celle du bon vieux **Lavater.**»

Nous étions à discuter nonchalamment cette question en regardant la pluie tomber, lorsque tout-à-coup l'une de ces femmes vint au-devant de nous, un parapluie à la main. Elle avait l'air embarrassé, et je crus comprendre qu'elle nous disait que si nous ne trouvions pas son parapluie trop mauvais, nous n'avions qu'à le prendre. Sa petite fille vint nous en offrir un second qui, bien qu'en mauvais état, était cependant suffisant pour nous abriter jusqu'à la première station.

«Eh bien, me dit maintenant d'un air triomphant **Nicolet,** vous voyez que je ne m'étais pas trompé : le caractère de l'homme se traduit toujours dans ses traits.»

Nous remerciâmes sincèrement ces bonnes gens, en leur promettant de leur faire remettre leurs parapluies dès le lendemain. — Je ne pense pas que jamais parapluies aient causé une aussi vive satisfaction à mon ami, moins peut-être pour l'abri qu'ils nous donnaient, qu'à cause du triomphe de ses théories.

DA. 14. Dans le mois d'août 1840, en compagnie de l'ami **H. Bock,** nous avons trouvé toute la vallée de l'Ober-Hasle inondée, les ponts en bois enlevés. — Pour nous rendre au Grimsel, nous cheminions péniblement de roche en roche à mi-côte sur rive droite de l'Aar. Arrivés à la *chute de la Handeck,* nous trouvions le pont enlevé et remplacé depuis le matin par une simple passerelle, soit un tronc de sapin qui touche les deux rives de l'Aar. — Le torrent impétueux, (féroce) touchait la partie inférieure de ce bois, l'eau jaillissante en rendait la surface glissante. Aucune rampe quelconque pour assurer le passage sur ce bois de trente centimètres de largeur, qui avait l'air de flotter sur l'eau. Chute de la Handeck (1840).

Notre guide aborde la question franchement, il passe le torrent et se trouve sur rive gauche. — «A votre tour, Messieurs, nous dit-il, et ajoute (avec un calme de montagnard) : La poutre est solide, pas de danger qu'elle cède.»

« Certes non, et sous ce rapport j'ai toute confiance, mais je ne suis pas assez assuré ni de ma tête ni de mes jambes pour effectuer seul ce passage; et m'adressant à l'ami **Bock** : A vous mon brave, je vous cède le pas, passez. — Non pas, non pas, je suis parfaitement d'accord avec vous; qu'on cherche au chalet du monde, des cordes et des perches.... »

Ce secours ne se fit pas longtemps attendre; trois vigoureux gaillards, munis de cordes et de perches, arrivent. — On fixe le bout d'une corde solidement sur rive droite et rive gauche, puis une autre parallèle à la première. Par précaution (on ne saurait trop en prendre), pour dissiper les émotions involontaires causées par la peur (et certes il y avait de quoi : nous faisions nos premières armes en hautes régions), nous fixons un bout de nos foulards par un nœud solide au poignet gauche, passons l'étoffe restante par-dessus la corde et attachons l'autre bout; cela formait un anneau qui, coulant le long de la corde en marchant, nous eût retenu en cas de chute. — Notre guide ouvre la marche, je le suis, un des hommes du chalet forme l'arrière-garde en me tenant par le pan de l'habit, et j'arrive à bon port. — Le même jeu est exécuté par mon ami.

Heureux et contents nous nous trouvons attablés aux chalets de la Handeck. — L'ami **Bock** me dit : Positivement on est mieux ici que sur le *pont neuf de l'Aar*. J'étais parfaitement de son avis.

Touristes à la Handeck.

DA. 15. Par une belle journée du mois d'août, me trouvant à la Handeck, entre dans la salle à manger un touriste avec Madame son épouse. — « Ma chère amie, dit-il, en Suisse on voit un si grand nombre de cascades et de chutes d'eau, que cela finit par vous scier le dos. — François (c'est le nom de leur domestique), allez voir la chute, montez mon cheval pour ne pas vous fatiguer, et regardez bien, afin que vous nous rendiez compte de cette cascade; on la dit très-belle et notre désir est de l'avoir vue, on en parle beaucoup dans les salons et cela est parfaitement bien porté. Nous dirons à Madame X..... : Et nous aussi nous l'avons vue cette délicieuse cascade de la Handeck. — Monsieur le maître d'hôtel, veuillez s'il vous plaît faire marquer nos bâtons.[1] »

DA. [1] Les bâtons de certains touristes, surmontés d'une corne plus ou moins de chamois, sont marqués des localités du *Gænsestrich*. L'exploitation de ces marques a fait des progrès : il paraît qu'elle est lucrative, car nous lisons en 1862 sur l'enseigne d'un magasin à Interlacken : « Ici on marque les bâtons des Alpes de toutes les localités intéressantes de l'Oberland-Bernois, de la vallée de Chamounix, de Zermatt, etc.

DA. 16. Les chevaux et les mulets des hautes régions se tirent des mauvais pas tout aussi bien que les guides. Ils abordent comme eux franchement tous les passages. Intelligence des chevaux en hautes régions.

Il me souvient d'une soirée où j'étais sous l'impression d'une fameuse frayeur. — Faisant mes premières armes en hautes régions, il y a longtemps de cela, je quittai Viège pour me rendre à Zermatt. — J'étais à cheval, je montais un pur sang de hautes régions. Un guide me suivait à pied et me dit : «Mon cher Monsieur, ne cherchez pas à diriger *Lucifer* (nom de la monture), abandonnez les rênes et laissez le faire, il connaît son métier. De jour et de nuit il se tire de tous les mauvais pas; neige, glace, torrents sont pour lui des sentiers.»

La journée était splendide, la chaleur accablante. Les petits glaciers, sous l'influence des rayons solaires, déversaient des torrents impétueux dans la vallée. Nous passons sur des ponts à fleur d'eau, sur d'autres couverts d'une faible couche d'eau; il se faisait tard, la nuit allait nous surprendre et nous sommes à une demi-lieue du village où nous prendrons gîte.

Le Mont-Cervin et les hautes régions glaciaires étaient splendides, dorés par les derniers rayons solaires; j'étais en contemplation.... — La route tourne un promontoire qui avance dans la vallée; un torrent impétueux d'un blanc sale s'offre à mon regard, je saisis les rênes pour arrêter ma monture; le mouvement est trop tardif, *Lucifer* avait déjà abordé le torrent et je me trouvais dans l'eau. — Je serre genoux et jambes; l'eau envahit la selle, je suis mouillé jusqu'aux os par eau froide à zéro; le cheval passe entre les roches et les blocs, et nous arrivons heureusement à l'autre rive. — Mettez pied à terre, me dit le guide; j'exécute ses ordres, et d'une voix de Stentor il crie : *Lucifer! Lucifer!* Le cheval dresse les oreilles, il a compris la volonté de son maître; il entre dans le torrent, rejoint le guide et amène son cavalier à bon port. — Combien vendez-vous votre cheval? — *Lucifer* n'est pas à vendre, sans lui je ne serais plus de ce monde. Nous étions trempés un peu bien, et nous marchâmes à pied pour gagner le village. Les bagages avaient été submergés; le curé qui nous logeait mit à notre disposition ses vêtements. Il me souvient que j'ai ri de bon cœur en me voyant, dans une glace pendue au mur, dans l'accoutrement de M. le curé; j'avais une drôle de touche.

DA. 17. En passant le col de la Furka, une tache de nevé très-étendue couvrait la partie supérieure du point culminant. Appuyés sur le bâton classique, nous descendîmes les pieds joints par glissade Autres faits hippiques.

Narration du guide en chef *Hans Jaun*.

DA. 18. Il y a quelques années, en août, le mauvais temps avait passé à l'état chronique dans les hautes régions des Alpes. Depuis plusieurs jours mes compagnons au Pavillon de l'Aar se réduisaient à mettre au net mes observations. Les guides passaient leur temps à jouer aux cartes. Sur mon invitation, le guide en chef *Hans Jaun* rédigea une narration de ses courses en hautes régions. — Je la transmets textuellement et sans aucune correction.

Ascensions, courses et séjours dans les hautes régions, par le guide HANS JAUN[1], 1841 à 1860.

Ascension à la Jungfrau (août 1841).

HJ. 1. 27. August 1841. — **Professor Agassiz, E. Desor, Professor Forbes** und noch zwei andere **englische Geologen**, — Bergführer *Jakob Leuthold*, *Hans Währen*, *Melchior Bannholzer* und ich (*Hans Jaun*) reisten von der Grimsel über den Ober-Aar-Gletscher und Viescher-Gletscher nach der Mærjelen-Alp, um von dort die *Jungfrau* zu besteigen.

Wir kamen Abends wohlbehalten in der Mærjelen-Alp an, blieben dort über Nacht, und am folgenden Morgen brachen wir um fünf Uhr auf, marschirten über den grossen Aletsch-Gletscher der *Jungfrau* zu, und um vier Uhr Nachmittags hatten wir unsere acht Mann

DA. [1] **Hans Jaun**, né à Meyringen (*Oberland-Bernois*) en 1806, est décédé en janvier 1860 à l'âge de 54 ans. — Sculpteur en bois (*Schnitzler*) de son état en hiver — chasseur de chamois (*Gemsjæger*) au printemps et en automne — guide de haute région (*Berg- und Gletscherführer*) en été. — Cet homme intelligent possédait le savoir-faire et le savoir-voir hors ligne dans toutes les circonstances, avec ce calme qui caractérise les guides de l'Oberland; il a fait partie de tous les séjours, de toutes les courses glaciaires et ascensions aux pics entrepris par les glacialistes du Pavillon de l'Aar de 1841 à 1859. — *Jaun* a été proclamé *guide en chef* en 1846 : sous sa direction toutes les courses et ascensions se sont terminées par la rentrée à bon port des persévérants observateurs. — A cette occasion je citerai un des adages pratiques que *Jaun* transmettait à la colonne d'expédition au moment de se mettre en route, et qui est ainsi conçu : «*Hübscheli, Hübscheli vorwærts*» (doucement et attentivement en avant); et il ajoutait : «Il ne s'agit pas de partir, il faut revenir.....» *Jaun* a parcouru avec moi les Vosges, les Pyrénées et l'Espagne en 1847; la Maladetta, la Sierra-Guadarama, la Sierra-Morena et la Sierra-Nevada. — Chargé des observations météorologiques en mainte occasion, il faisait les lectures consciencieusement et très-exactement, et sous ce rapport il m'a rendu d'éminents services. Jamais, au grand jamais, il n'interpolait des chiffres.... Il a passé les hivers de 1840 et 1841 à l'hospice du Grimsel; l'hiver de 1845 à 1846 il a pris gîte au Grimsel pour faire les observations météorologiques et glaciaires. Sur ma demande il a rédigé les récits des courses et ascensions (en Suisse tout le monde sait lire et écrire). Je les transcris tels qu'il les a tracés, sans changer un seul mot.

Ascension au Finster-Aarhorn (septembre 1842).

HJ. 3. Am 6. September 1842 machten sich **Herr Sulger**, *Heinrich Lorentz*, *Andreas Aplanalp* aus Hasle-Grund und ich (*Hans Jaun*) wiederum auf den nemlichen Weg, um das Finster-Aarhorn noch einmal zu besteigen. Wir langten Abends um fünf Uhr in unserm vorherigen Nachtlager an, übernachteten da wiederum. Aber obgleich es diesmal nicht schneite und das Wetter gut war, so hatten wir die Nacht hindurch doch viel kælter als das erste Mal. Wir nahmen aber diesmal eine kleine Maschine für Caffee zu kochen mit uns. Wir kochten uns vor Tagesanbruch einen warmen Caffee, nahmen ein tüchtiges Frühstück ein und brachen bei Tagesanbruch nach der Finster-Aar-Horn-Spitze wieder auf, und da wir diesmal ein warmes Frühstück eingenommen hatten, so konnte jetzt **Herr Sulger** auch recht gut aushalten, und so erreichten wir alle um halb zwœlf Uhr wiederum die oberste Spitze und trafen unsere Fahne noch an. — Wir vergrœsserten die Pyramide, pflanzten die Fahne wiederum frisch auf, und begaben uns nach ohngefæhr anderhalb Stunden wieder auf den Rückweg. Wir gingen aber diesmal über den Viescher-Gletscher nach der Stock-Alp (zum Stock am rechten Ufer des Viescher-Gletschers am Fuss der Mærjelen-Alp) und langten Abends um neun Uhr bei den Hütten an, trafen noch einige ungemolkene Ziegen an; wir molkten sie, und da wir in der Hütte einen Kessel fanden, so machten wir eine Milchsuppe und blieben in der Hütte über Nacht. Wir befanden uns hier ziemlich gut, denn es war etwas Heu da. Den folgenden Tag marschirten wir das Wallis hinauf der Grimsel zu, allwo wir Abends frisch und munter ankamen und unser Ziel glücklich erreicht hatten.

Ascensions au Galenstock et au Rosenhorn.

HJ. 4. Hierauf folgten die Besteigungen des *Galenstocks* und des *Rosenhorns*[1]. Da aber Ihnen, **Herr Dollfus**, diese so gut wie mir bekannt sind, so übergehe ich dieselben und beschrænke mich bloss auf die denen Sie nicht beiwohnten.

Ascension au Wetterhorn (septembre 1844).

HJ. 5. Im Jahr 1844, Anfangs September, logirten ich (*Hans Jaun*) und *Melchior Bannholzer* (aus Boden, bei Guttanen) eines Abends im Rosenlaui, um von da Versuch zu machen das *Wetterhorn* zu besteigen. Wir wollten Morgens in aller Frühe aufbrechen, aber da wir aufstanden war dichter Nebel und noch Niemand im Hause regte sich, dass wir das Frühstück nehmen konnten. Wir warteten bis acht Uhr, dann verschwand der Nebel und hatten das Frühstück.

DA. [1] Voyez T. IV, *Ascension au Rosenhorn* et *Ascension au Galenstock*.

Ob es gleich spæt war, so machten wir uns doch auf den Weg, ob wir gleich nicht wussten wie weit und wo zurück.

Wir klimmten den Rosenlaui-Gletscher hinauf, und durch die Schattenseite des Rosenhorns hinauf, bis wir auf das unter dem Rosen- und Mittelhorn gelegene Eisfeld kamen; von dort mussten wir den von dem Wellhorn gegen das Mittelhorn sich hinaufziehenden Grath übersteigen. Auf diesem Grath sahen wir nun das Wetterhorn ganz, und sahen auch von welcher Seite wir die Spitze zu erreichen glaubten. Wir überstiegen gleich diesen Grath, welcher sich zwischen dem Wetter- und Mittelhorn befindet; von da sahen wir dass sich das Wetterhorn gegen Süden in einen vollends zwanzig Meter langen Grath ausdehnt; auch sahen wir dass der Schnee oben an der Spitze—oder diesem Grath—weit überhængend war. Wir liessen uns aber doch nicht abschrecken und stiegen die steile Schnee- und Eiswand hinauf bis unter das Schneedach, und durchstachen mit unsern Stœcken dasselbe und liessen die losgestochenen Schneebrocke über unsern Rücken in die Tiefe hinunter rollen.

Auf der Spitze angekommen, pflanzten wir das uns von **Herrn Dollfus** nur zu diesem Zweck mitgegebene rothe Tuch an einem unserer Bergstœcke als Fahne auf. Von hieraus sahen wir auch die Gegend nach dem Lauter-Aar-Sattel, und glaubten auf diesem Weg am schnellsten nach dem Pavillon oder der Grimsel zu gelangen. Da wir aber wussten dass noch Niemand diese Gegend passirt und auch eigentlich selbst nicht wussten was sich uns noch für Schwierigkeiten in den Weg legen kœnnen, wagten wir es doch und schlugen unsere Richtung dahin ein, und langten noch bei Tag im Pavillon bei **Herrn Desor** an. Wir glauben mit Recht zu behaupten die ersten gewesen zu sein die das Wetterhorn bestiegen haben, und diese Reise nach dem Pavillon gemacht zu haben.[1]

HJ. 6. Im Jahr 1855, ich weiss das Datum nicht mehr anzugeben, kam eines Abends *Jonathan Michel*, Führer aus Interlacken, mit einem **Engländer** auf der Grimsel an, und verlangte zwei Mænner um von dort aus das Wetterhorn zu besteigen, weil er gehœrt hatte dass es im vorigen Jahr bestiegen worden seie, und es also mœglich seie es zu besteigen. Es traf also mich (*Hans Jaun*) und *Kaspar* Ascension au Mittelhorn (1855).

DA. [1] Cette course de Rosenlaui au Pavillon de l'Aar comprenant l'ascension au Wetterhorn en neuf heures de temps est fabuleuse! Elle prouve le savoir-faire de nos guides.

Aplanalp (*den Strahleck-Major*). Da ich aber wusste dass **Herr Agassiz** es spæter auch besteigen wollte, und ich zugleich wusste, dass wenn ich einen Andern dahin führen würde, dass er sehr beleidigt wære, so gab ich diesem an, dass das Wetterhorn schon bestiegen, das *Mittelhorn* aber nicht, und dass wir doch eines besteigen wollen das noch nie bestiegen worden ist, was er sich gut gefallen liess. Wir übernachteten also im Pavillon, und am folgenden Tag passirten wir den Lauter-Aar-Sattel und bestiegen das Mittelhorn. Von da hinunter den gleichen Weg welchen ich und *Bannholzer* gemacht hatten nach Rosenlaui, und also war das Wetterhorn für **Herrn Agassiz** gespart.

Die Besteigung des Wetterhorns, welche ich mit **Herrn Agassiz** gemacht, wird wohl nicht nothwendig sein zu beschreiben, indem sie Ihnen schon zum Voraus gut bekannt ist.[1]

Ascension au Wetterhorn (1854).

HJ. 7. Im Juli oder August 1854 ersuchte mich *Blauer*, Führer aus Grindelwald, und ein Führer aus Chamounix, *Balma* genannt, mit noch einem Mann den ich noch mit mir nehmen konnte, das Wetterhorn mit einem **Engleender** zu besteigen; ich nahm *Melchior Blatter* mit mir. Wir reisten Abends um vier Uhr im Bad Reichenbach (Meyringen) ab nach Rosenlaui, wo wir über Nacht blieben um den andern Tag von da aus das Unternehmen zu machen.

Den folgenden Tag in aller Frühe reisten wir von Rosenlaui ab und stiegen den gleichen Weg welchen ich mehrere Mal gemacht, den Rosenlaui-Gletscher hinauf; da aber einige Stellen sind, welche wohl etwas gefæhrlich und sehr steil, so bekam unser *Chamounix-Held* eine solche Furcht, dass wir, ich und *Blatter*, mit demselben mehr als mit dem **Engleender** zu schaffen hatten, und mehrere Mal und œfters zu dem Herren sagte : «*Jaun ist kein Bergführer, sondern ein Bergteufel.....*» Endlich kamen wir am Fuss des Wetterhorns an, aber weiter durfte jetzt keiner von ihnen mehr. — Ich und *Blatter* mussten allein das Horn vollends besteigen und die Fahne auf der Spitze aufpflanzen. — Unterdessen warteten sie auf uns auf dem Grath, wo wir sie zurückgelassen hatten. Von da kehrten wir wiederum nach Rosenlaui zurück, und langten um neun Uhr Abends daselbst wieder an.

Ascension pittoresque (1855).

HJ. 8. Im Monat Juli 1855 bekam ich von meinem Vetter *Jaun* eine telegraphische Depesche von Interlacken, um mich den andern Morgen in aller Frühe im *Hôtel des Alpes* in Interlacken einzufinden,

DA. [1] Voyez T. IV, *Ascension au Wetterhorn.*

eine Herrschaft an die Hand zu nehmen um sie zu führen. Ich besann mich nicht lange, ich wanderte die Nacht zu Fuss neben dem Brienzersee (weil die Nacht kein Schiff mehr fuhr), und traf mich bei Anbruch des Tages an dem mir bestimmten Orte ein. Ich glaubte eine mir bekannte Herrschaft entweder aus Basel oder Mühlhausen anzutreffen. Aber siehe da es war eine .... *Dame*, bei deren mein Vetter als Führer war, und die die Absicht hatte die Jungfrau zu besteigen.

Mein Vetter hatte ihr angegeben dass ich sein Bruder seie und die Jungfrau schon bestiegen habe, er müsse also mich zu diesem Unternehmen vorzüglich mit ihm haben. — Sobald es im Hause bekannt war dass ich mich eingefunden habe, liess die ..... *Dame* mich mit meinem Vetter durch die Kammerjungfer auf ihr Zimmer rufen und erklærte mir ihr Vorhaben, und dass sie das Unternehmen von Grindelwald aus machen wolle. Ich soll ihr aber den Weg und die ganze Geschichte zum Voraus beschreiben, — wo wir Nachtherberge machen, und wo wir sonst hindurch müssen. — Ich sagte ihr aber dass ich von Grindelwald aus die Reise noch nie gemacht, und mir von da die Sache unbekannt seie, und ich die Jungfrau von der Walliser Seite oder der Mærjelen-Alp bestiegen habe. Ich aber wisse wohl dass wir den grossen Mœnch umgehen müssen und am Fuss der Jungfrau auf die gleiche Stelle kommen wie von der Mærjelen-Alp bis dahin, übrigens sei mir die Gegend unbekannt. — Die .... *Dame* sagte mir dass sie noch drei Mænner zu ihrem Vorhaben bestellt habe, und dass diese auch sogleich sich bei ihr einfinden werden, denen die Gegend schon bekannt seie bis dorthin. Diese Mænner trafen gegen Mittag richtig ein; es waren : *Ulrich Lauener* aus Lauterbrunnen, *Peter Bohren* und *Johannes Almer* aus Grindelwald. Gegen Abend reisten wir Alle von Interlacken nach Grindelwald ab, um am folgenden Tag bis in die *Eigerhœhle* zu gelangen, um dort Nachtlager zu machen. Da aber am folgenden Tage Regenwetter eintrat, so blieben wir den Tag in Grindelwald still, und begaben uns erst den dritten Tag auf die Reise nach der Eigerhœhle.

Am dritten Tag wurde nun alles Nœthige zusammengepackt und aufgeladen; sogar einen Tragsessel für unsere .... *Dame* musste auf den Platz, um sie bis auf das Eismeer zu tragen. — Als ich diese Sache sah, sagte ich zu meinem Vetter : Wenn sich die .... *Dame* tragen læsst so werden wir die Jungfrau nicht besteigen. Er erwiderte mir aber, das sei nur um dass sie nicht am Anfang gleich zu

matt wérde und sich zu sehr anstrengen müsse: sie werde nachher Alles aushalten.

Die .... *Dame* setzte sich ganz behaglich in den Sessel· — Nun wir trugen sie nach dem Eismeer: als wir aber über das Eismeer hinüber waren, luden wir sie ab, weil es von dort nicht mehr mœglich ist mit einem Stuhl weiter zu kommen. Unsere zwei nahmen sie gleich bei jedem Arm und fingen an steile Abhænge mit ihr hinauf zu klettern, welches im Anfang noch so ordentlich von Statten ging; jedoch gleich musste noch ein dritter von hinten an ihr vorwærts drucken, und so ging es etwa anderthalb oder zwei Stunden fort. Nun musste aber noch ein vierter herbei, und wir banden ihr einen Strik um den Leib um von vornen an ihr zu ziehen. Die Abhænge vom Eismeer sind sehr steil, so dass es für Jeden anstrængend ist der da hinauf klettert. Nach ein paar Stunden war die .... *Dame* schon so erschœpft, dass wir alle Augenblicke mit ihr absetzen mussten und ihr starke Tropfen unter die Nase halten, um sie von der Ohnmacht zu bewahren. Oefters musste sie sich erbrechen, und wir hatten die grœsste Mühe sie in die Eigerhœhle hinauf zu bringen: doch, endlich in der Hœhle angekommen, musste sie sich noch einige Male erbrechen. — Obschon die Hœhle noch fast zur Hælfte mit Eis angefüllt war, machten wir sogleich Feuer an, trugen das alte Heu in eine Ecke zusammen und legten sie darauf; auch kochten wir gleich Caffee und gaben ihr denselben und von Allem was wir noch bei uns hatten, damit sie am Morgen wiederum recht munter sei. — Wir Andere legten uns einer hier der andere da in einen Winkel, deckten uns so gut wir konnten mit unsern Decken zu und erwarteten so den Morgen.

Noch vor Tagesanbruch waren wir wiederum auf den Füssen, hatten den Caffee gekocht: das Frühstück wurde genommen, Alles zusammen gepackt und wiederum aufgebrochen. — Die .... *Dame* wurde wiederum an die Leine gebunden, weil es von da eine Strecke bis auf den Gletscher (welcher sich zwischen dem Mœnch und dem Eiger befindet) steil hinunter geht. — Anfangs ging die Sache ganz ordentlich, weil der Gletscher hier über eine Stunde ziemlich eben ist; aber sobald es wiederum steil hinauf ging gegen den Mœnch zu, stellten sich bei ihr die gestrigen Uebelheiten auch wiederum ein. Wir mussten sie wiederum wie am vorigen Abend unsere vier Mann mit der grœssten Mühe, ja sogar durch tragen vorwærts transportiren. Wir brachten sie endlich doch bis an den Fuss des Mœnchs, einige hundert Schritte hinter den Grath, welcher sich zwischen

Eiger und Mœnch hinzieht; hier machten wir eine Grube in den Schnee, legten einige Ziegenfelle und Wolldecken hinein, und dann unsere .... *Dame* darauf und deckten sie zu mit den Decken welche wir noch übrig hatten. Sie war schwach und erschœpft, und musste sich erbrechen bei der geringsten Bewegung. — Was war jetzt zu thun? Hier auf dem weiten kalten Eisfelde nirgends eine Stelle wo man vor dem Wind geschützt war oder wo man nicht auf dem blossen Eis oder Schnee stehen musste. — Die Entfernung bis an den Fuss der Jungfrau ist wenigstens noch einmal so weit als was wir bis jetz gemacht haben; keiner von uns hatte keine Decke mehr, nichts als die Kleider die wir an dem Leib hatten, alle Decken waren für unsere ..... *Dame* gebraucht. Also hier noch den Rest des Tages und die Nacht ohne irgend etwas vor Wind und Kælte geschützt, schien mir nicht rathsam zu sein. Ich rathete zur Zurückkehr, *Lauener* stimmte mir bei; die Anderen wollten bei der .... *Dame* den Grossen spielen und sprachen hier zu übernachten, und Morgens die Reise fortzuführen. Ich und *Lauener* bewiesen ihnen aber die Unmœglichkeit und erklærten dass wir zurückgehen, und sie im Stich lassen werden wenn sie nicht das gleiche thun. Sie besannen sich untereinander und stimmten uns bei. — Doch musste die Fahne an irgend einem Orte aufgepflanzt werden; wir befestigten sie also in das Eis neben dem Mœnch, auf den Grath.

Nun wurde zurückgeschritten. Wir packten Alles was wir bei uns hatten zusammen, packten auch die ..... *Dame* so gut wir konnten ein, und zogen sie die Schneewænde hinunter bis auf das Eismeer, wo wir den Stuhl zurückgelassen hatten; wir setzten die .... *Dame* in denselben und trugen sie nach Grindelwand; dort nahm sie noch denselben Abend ein Fuhrwerk und fuhr noch nach Interlacken. Wir aber, der Herrenführer ausgenommen, blieben in Grindelwald. Sie bestellte aber in Grindelwald für uns auch einen Wagen für den andern Morgen nach Interlacken zu fahren. In Interlacken wurden wir ausbezahlt, und somit hat diese wahre Geschichte ein Ende.

Passage de la Strahleck (août 1857).

HJ. 9. August 1857 reiste ich mit zwei **Englænder,** welche über das Engelberger-Joch nach Meyringen kamen, und die das Vorhaben hatten von Grindelwald die Strahleck zu übersteigen, und von der Grimsel aus das Finster-Aarhorn. — Von Meyringen nach dem *Finsthorn*, dort blieben wir über Nacht. Den andern Tag bestiegen wir das *Ræthihorn*, und von da gingen wir nach Grindelwald und blieben dort wiederum über Nacht.

Den andern Tag kamen noch drei Herren von Interlacken nach Grindelwald, die die gleiche Absicht hatten, und schlossen sich an uns an. Wir packten den nœthigen Mundvorrath zusammen und machten uns auf den Marsch. — Zehn Mann, nemlich fünf Herren und ein englischer Knabe (den ein Herr bei sich hatte), und zwei Führer aus Chamounix, welche die Herren schon früher bestellt hatten und die sie in Grindelwald erwarten sollten; einer von ihnen heisst *August Simon*. Wir blieben auf dem Zæsenberg beim Schaafhirt über Nacht, wo wir recht gut waren und uns sehr wohl befanden, denn er hatte frisches Futter, dass wir gut darin schlafen konnten, und hatte auch Milch, Kæse und Butter. Kurz, wir waren hier ganz gut logirt.

Den folgenden Tag begaben wir uns bei Zeiten auf die Reise nach der Strahleck, hatten aber nicht sehr schœnes Wetter. Ringsum auf den Bergen war Nebel; sonst ging die Sache ganz gut vor sich, denn so vielmal ich wohl die Strahleck passirt habe, so habe ich diesen Pass noch niemals so gut gefunden wie dieses Jahr. — Wir kamen ungefæhr um 4 Uhr Abends Alle gesund und wohl auf der Grimsel an.

Ascension au Finster-Aarhorn (août 1857).

HJ. 10. Da schlechtes Wetter war, so blieben wir den andern Tag auf der Grimsel, und da es noch immer nicht hell war, so begaben wir uns am dritten Tag nach unserer Ankunft auf der Grimsel nach dem *Ægishorn* im Wallis, wo wir wæhrend schlechtem Wetter still bleiben mussten. — Am dritten Tag unseres Hierseins machte ich mit zwei dieser Herren eine Reise auf den Mittel-Aletsch-Gletscher, welcher sich von dem grossen Aletsch-Gletscher hinauf gegen das Aletschhorn zieht und sehr schœn ist.

Am vierten Tag wurde nun von hieraus das Finster-Aarhorn zu besteigen, alles Nœthige zusammengepackt und noch ein Führer von Viesch (welchem der Weg bekannt war) beschieden.

Abends 4 Uhr machten wir uns über den grossen Aletsch-Gletscher nach dem *Faulberg* auf, um dort in einer Hœhle zu übernachten, damit wir am folgenden Tag das Finster Aarhorn zu besteigen um so viel næher hatten. Wir kamen noch bei Tag in der Hœhle an, und trafen den Mann den wir mit einigem Holz und andern noch nœthigen Sachen voraus geschickt hatten, hier an; er hatte schon Feuer gemacht und war im Begriff unsere Schlafstelle zu bereiten; wir halfen ihm vollends, kochten, und genossen unser Nachtessen und legten uns zur Ruhe.

Am folgenden Morgen, noch vor Tagesanbruch, machten wir uns auf, nahmen das Frühstück und brachen nach dem Finster-Aarhorn auf. Wir mussten noch anderthalb oder zwei Stunden neben dem Aletsch-Gletscher hinauf, dann kehrten wir rechts nach dem *Lætschsattel* (oder wie es die Wallisser heissen, nach der *Lætschlücke*); dort angekommen, sahen wir nun das Finster-Aarhorn in seiner ganzen Grœsse; wir erschracken aber nicht vor ihm, und stiegen rasch hinunter auf den hintern Viesch-Gletscher, überschritten denselben bis an den Fuss des Finster-Aarhorns. Hier nahmen wir eine Stærkung ein und stiegen unverdrossen die steilen Fels- und Schneewænde hinan. Es legte sich uns weiter kein Hinterniss in den Weg; sogar die Eiswand, die uns im Jahr 1842 so viel zu schaffen machte, war dieses Jahr beinahe gænzlich weggeschmolzen.

Wir hatten weiter keine Schwierigkeiten, als dass, wo wir bald die Spitze erreicht hatten, sich bei einem Herren und einem Führer (die vermuthlich die feine Luft nicht ertragen konnten) einige Uebelheiten einstellten und sich erbrechen mussten, was jedoch nicht viel zu sagen hatte. — Wir erreichten ohngefæhr um ein Uhr Nachmittags die oberste Spitze und trafen noch unsere im Jahr 1842 gemachte Pyramide und einige Stücke unserer Flasche, worein wir auf einem Stück Papier unsere Namen hineingeschoben hatten.

Nach einem Aufenthalt von ohngefæhr einer halben Stunde kehrten wir den nemlichen Weg wiederum zurück und kamen Abends um 9 Uhr ohne weiteres Ungemach in unsere am Morgen verlassene Hœhle wiederum an, wo wir übernachteten und den folgenden Tag nach dem Hôtel Jungfrau beim Ægishorn zurückkehrten, wo wir uns verabschiedeten und ich wiederum nach Meyringen zurückkehrte.

De Rosenlaui par le col du Lauter-Aar au Grimsel (septembre 1857).

HJ. 11. Im September 1857 machte ich wiederum mit einem **Engländer** eine Gletscherreise. *Kaspar Winterberger* kam mit einem **Engländer** nach der Grimsel und hatte den Auftrag einen Mann mitzunehmen, dem die Lage bekannt sei. *Winterberger* erklærte mich, weil kein Anderer da war der hier schon passirt sei. Wir logirten in Rosenlaui und wollten von da Morgen früh fort und hatten verabredet, dass wir ihn wecken sollten. Vor Tagesanbruch weckten wir ihn, wir kleideten uns an, nahmen das Frühstück und machten uns reisefertig, und glaubten dass unser Herr, als wir fertig waren, wohl auch werde fertig sein. Es war nicht dem also: er lag noch im Bett und wir mussten ihn fast mit Gewalt da heraus bringen. Endlich stand er doch auf und kleidete sich an, nahm das Frühstück, es

war [illegible] Tag. Wir [illegible] ab und [illegible] den [illegible] Weg ein, den [illegible] gemacht hatte, den [illegible]-Gletscher hinauf bis auf die [illegible]-Ebene unter dem [illegible]. [illegible]

Auf der Ebene hatten wir immer nur Schnee und [illegible]. — [illegible] auf dem Schnee [illegible] wir keine Führer [illegible] und dem Herrn [illegible], so that er [illegible] wie ein [illegible] Mann. [illegible] Schründe waren, machte das Ding [illegible] gegen das [illegible], neben welchem man vorbei gehen muss wenn man nach dem Lauter-Aarsattel will. — Sobald wir in die Region der Schründe kamen, bei dem Rosenhorn, [illegible] war es beinahe unmöglich den Herrn vorwärts zu bringen. Wir [illegible] ihm sagen was wir wollten, so that er fast immer das Gegentheil. Wenn wir über einen Schrund setzten, so sagten wir ihm jedesmal, dass er den Stock auf diese oder jene Seite setzen solle, was er aber niemals that, sondern den Stock immer gerade unten in den Schrund setzte und dann den Sprung begann. Zweimal schon war er so hinein gesprungen, aber doch nicht tiefer als unter die Arme; aber durch dieses liess er sich doch nicht abschrecken, den Stock mitten in einen Schrund zu stellen, bis hinter dem Lauter-Aarsattel oder dem Berglistock: erst da bekam er Respect vor den Schrunden. Daselbst zieht sich ein Schrund vom Berglistock bis zum Mittelhorn hinaus. Er war wohl an einigen Stellen offen, aber die grössere Hælfte war noch mit Schnee bedeckt; wir mussten über denselben hinüber setzen. Ich war der vorderste; wir waren Alle an der Leine. Ich hatte selbige zwar nur um eine Hand gewunden, sie aber waren Beide ein Stück von einander, und unter den Armen gebunden. Ich untersuchte den Schnee mit dem Stock und fand, dass wenn man sorgfæltig darüber hingeht, keine Gefahr dabei sei. Ich warnte sie keine andere Tritte zu machen, sondern in die meinigen zu stehn. Aber noch bis jetzt hatte es nichts geholfen, der Stock musste wieder in die Mitte des Schrundes, und jetzt, plumps! war er wieder hinunter; aber diesmal nicht nur bis unter die Arme, sondern über den Kopf: zum Glück, dass er an eine gute Leine gebunden war. Ich verspürte, weil ich der vorderste war, den Juck an der Leine nicht als er hinein stürzte, aber auf den Schrei von *Winterberger*: «*Der Herr ist im Schrund!*» sah ich mich schnell um und erschrack nicht wenig als ich keine Spur mehr von ihm sah. Ich lief zurück zu dem Schrund, und siehe — da hing er bis über

den Kopf in einer Spalte, deren Tiefe ich nicht im Stande bin anzugeben. Er hing gleich einem Klopfel in einer Glocke in dem Schrund. Dieser Schrund war zu oberst nicht breiter als dass ich mich recht gut mit einem Fusse auf diese, und mit dem andern auf die andere Seite stellen konnte; aber schon bei seinen Füssen war der Schrund so weit auseinander, dass er trotz seiner langen Beine ihn nicht erspannen konnte. Er hatte im hineinfallen seinen Stock quer über den Schrund, mit der Spitze in die hintere Wand des Schrundes gestossen, und lag mit dem einen Arm darauf. Ich stellte mich über den Schrund, nahm ihn bei den Armen und befahl *Winterberger* an der Leine auch tüchtig zu ziehn. Wir zogen Beide aus Leibes Kræften, aber wir vermochten nicht ihn um einen Centimeter herauf zu bringen. Nach wiederholtem vergeblichen Ziehen befahl ich *Winterberger* recht festzuhalten, damit er uns nicht tiefer sinke; ich nahm den Stock und stiess ihm denselben unter den andern Arm, so dass er mit jedem Arm auf einen Stock zu liegen kam; dann schaffte ich mit *Winterberger's* Stock den Schnee schræge über ihn weg, bis gegen die Hælfte hinunter, und dann zogen wir Beide so stark wir konnten, und so brachten wir ihn wiederum auf die Oberflæche.

Es war schon 3 Uhr Abends, und wir hatten wenigstens noch anderthalb Stunden bis wir den Lauter-Aarsattel erreicht hatten. Der Nebel stellte sich nun recht dicht ein; und was mir noch das Schlimmste schien war, dass ich glaubte dass der Herr jetzt so erschrocken sein werde, dass wir ihn gar nicht mehr weiter bringen kœnnen, und zu allem dem wehte der Wind sehr stark und kalt. Dass es mir hier am besten zu Muthe gewesen, will ich nicht rühmen; denn in der ungeheuern Wildniss auf blossem Schnee, im Nebel-Regen und Schnee, rings um uns her die gæhrenden Schründe, die Nacht zuzubringen gefiel mir doch nicht am besten, denn wir hatten weder das eine noch das andere bei uns als die Kleider die wir am Leibe hatten, dass wir uns vor Kælte und Næsse schützen konnten. Jedoch die Sache ging besser als ich befürchtet hatte. Wir hatten in einem Flæschen Kirschenwasser, wir gaben dem Herren davon zu trinken und auch etwas zu essen, und so war er wiederum munter, besser als vorher.

Wir machten uns wiederum auf den Weg und erklimmten, obschon mit Mühe, endlich den Lauter-Aarsattel. Hier trafen wir auf der Stelle wo es mœglich ist hinunter zu steigen, den Schnee gænzlich weggeschmolzen, so dass wir auf den Felsen bis zum Bergschrund

hinunter gehen mussten. Das Hinuntergehn bewerkstelligten wir so: ich band sie Beide an die Leine, *Winterberger* voran, den Herren ein Stück hinter ihm; dann machte ich *Winterberger* voran gehn und liess sie hinunter so lang die Leine war; dann befahl ich zu halten und kletterte ihnen nach an irgend einer Stelle wo ich mit den Füssen feststehen konnte, und liess sie wiederum hinunter, und so trieben wir das Werk bis unter den Bergschrund.

Von hier aus konnten wir wegen den vielen und grossen Schründen die uns dieses Jahr scheusslich entgegengähnten, nicht den kürzesten Weg nach der Lauter-Aar hinunter; wir mussten uns links gegen das Ewige-Schneehorn ziehn, und von da gerade hinunter auf den Lauter - Aar - Gletscher. Wir marschirten so schnell als mœglich — aber nicht ein einziges Mal stellte unser Herr den Stock mitten in einen Schrund, sondern jedesmal weit darüber hinaus, und über jeden kleinen Schrund nahm er einen Sprung so stark er springen konnte.

Wir gelangten noch bei schwachem Tageslicht bis ungefæhr zu dem Abschwung; von hieraus mussten wir bei Nacht marschiren, und da es sehr finster war, so konnten wir nur langsam vorwærts kommen. Man konnte bei der Finsterniss nicht sehen ob es nur Vertiefungen, oder ob es wirkliche Schründe seien : wir mussten immer mit unsern Stœcken die Untersuchung machen. Als wir endlich in die Richtung von dem Pavillon kamen, umhüllte uns dichter Nebel, es fing an zu regnen; wir waren nun wie eingeschlossen. Endlich verschwand der Nebel und auch der Regen hœrte auf, und es wurde ziemlich hell. Wir beeilten uns, diesen Augenblick zu benutzen um nach dem Pavillon zu kommen. Dies gelang uns und wir kamen um 9 Uhr im Pavillon an. Wir machten Feuer an, setzten uns um dasselbe, genossen was wir noch bei uns hatten, und legten uns Alle auf das Heu.

Den andern Tag standen wir bei Tagesanbruch von unserm Lager auf und marschirten vollends der Grimsel zu, wo wir uns verabschiedeten, und ich und *Winterberger* nach Meyringen zurückkehrten.

Ascension au Mythen (canton de Schwyz).

HJ. 12. Die Besteigung des Mythen mit Ihnen, **Herr Dollfus**, und Ihrem Herrn Sohn **Daniel**, Anno 1843, ist unnœthig zu beschreiben, weil Sie ja selbst dabei gewesen sind.

HANS JAUN.

Ein Tag auf dem Pavillon des Unter-Aar-Gletschers.[1]

(August 1861.)

AM. [2] Die spærlichen Ueberreste des Abendimbisses sind abgetragen. Bei einem Tæschen langgestreckten, schwarzen Caffee's, wie man ihn in der Schweiz zu trinken gewœhnt ist, in die Wolken der franzœsischen Cigare gehüllt und bei prasselndem Ofen, wird noch an dem langen Tische, der vor dem Feldbette steht, ein Stündchen verplaudert. Hierauf schlüpft einer nach dem andern, zwischen die auf duftendem Bergheu ausgebreiteten Matratzen und die wollenen Decken, an die ihm angewiesene Stelle, welche an diesem Abende nicht allzubreit ist, da zwei neue Schlafgænger eingetroffen sind. — Nach schleunigst vollendeter Nachttoilette und Anordnung des nœthigen Schlafgemach-Materials, lœscht der Letzte das Licht, und nachdem er sich vorher genau seinen Platz gemerkt und seine Richtung genommen, schlüpft auch er hinunter und will sich dem Schlaf ergeben. Das ist aber nicht so leicht als man glauben sollte. Zwar verscheucht kein allzuweicher Pfühl den Schlaf und Jeder sehnt sich, nach des Tages Anstrengungen, die müden Glieden zu strecken. Aber hier ertœnen leise Klagen über die Hærte des Lagers oder den egoistischen Nachbar, der sich nach und nach einer ganzen Decke

BA. [1] **Auguste Michel,** professeur à Mulhouse. — Extrait de *Elsæssisches Sam-tags-Blatt*, n° 42, 18 octobre 1862. — Cette année 1862, pendant notre séjour au Pavillon de l'Aar, le guide en chef *Melchior Blatter* pria l'ami **Michel** d'insérer dans la publication de nos observations glaciaires un paragraphe en allemand que lui et ses collègues, guides de hautes régions, liront et reliront avec grand intérêt pendant les soirées d'hiver.

AM. [2] Der Pavillon auf dem Unter-Aar-Gletscher ist ein auf dem südlichen Abhange des Rothhorns, 2404 Meter über dem Meeresspiegel, aus Granit gebautes Hæuschen, dem Grunberg, Silberberg und Thierberg gegenüber, etwa 100 Meter über dem Gletscher gelegen, welches Herr **Dollfus-Ausset** im Jahr 1844 aufführen liess und das er alljæhrlich, wenn er an Ort und Stelle den Gletscher-Studien obliegt, mit einigen Freunden bewohnt. Die von der Grimsel herkommenden Besucher oder die über die Strahleck wandernden Touristen finden auf demselben die zuvorkommendste Gastfreundschaft. Freilich war der Name *Pavillon* schon die Ursache manches Missverstændnisses, wie ja auch im Anfange der vierziger Jahre das Zelt, das die Herrn **Agassiz** und **Desor** auf der Mittelmoræne desselben Gletschers, unter einem kolossalen Felsblock aufgeschlagen und scherzweise *Hôtel des Neuchâtelois* nannten, manche Touristen angezogen, die da glaubten einen behaglichen Gasthof in dieser eisigen Einœde zu finden. Ich erinnere mich sogar einmal eine Lithographie gesehen zu haben, die im vollsten Ernste einen Gasthof auf dem Unter-Aar-Gletscher darstellte, und worunter der anonyme Künstler den Namen *Hôtel des Neuchâtelois* geschrieben.

bemæchtigt, die doch zweien dienen sollte; dort seufzt ein Geologe über das traurige Schicksal, das ihn zum unwillkürlichen Insektenjæger gemacht; ein anderer geniesst zwar des erquickenden Schlafes im vollsten Masse, drückt aber unbewusst seine Freude darüber in schnarchendem Jubel aus, dem das Sextuor der Führer und Træger, die auf dem Boden über uns schlafen, im vollsten Chore antwortet. Plœtzlich erhebt sich draussen das Toben des heftigsten *Gugses* [1]. Die Tricolore auf dem Dache flattert in kræftigen Schlægen, die Thüre, die nicht auf's Beste schliesst, knarrt in ihren Angeln, der Wind dringt durch die feinsten Ritzen des allzu primitiv gebauten Hauses und weht eisigkalt nach allen Richtungen in dem finstern Schlafgemache. Das kühlt die unruhigen Schlæfer, und Seufzer und Schnarchen werden leiser, zumal da einer der Bewohner die Thüre bestmœglich befestigt, so dass nach und nach ein jeder sich der erquickenden Ruhe erfreuen kann.

Endlich dringt der erste Schimmer der Morgenrœthe durch das einzige, vorhanglose Fenster. Der *Gugs* ist schwæcher geworden, aber eine empfindliche Kælte hælt noch die Schlæfer unter der wærmenden, jetzt brüderlich getheilten Decke zurück. Es wird heiterer und der mit dem Kochamte beauftragte Führer begibt sich in seine Offizin, die auswærts am Wohnhause angebracht ist. Bald prasselt auch das mit knorrigen Wachholderstrünken genæhrte Feuer im kleinen Ofen unseres Gemaches, und nicht lange dauert es, so dampfen Milch und Caffee in gewaltigen Tœpfen auf dem zum Tagesdienst wieder in Stand gesetzten Tische. — Nun wird es lebendig auf der Pritsche. Die Schlæfer reiben nicht lange die Augen und mit dem Ankleiden sind sie bald fertig. Doch dort erhebt sich, den Kopf mit rothem Foulard bedeckt, mühsam einer der am vorigen Abend angekommenen Gæste, stemmt sich auf beide Arme und blickt verzweifelnd umher. Das Wort *Pavillon* hatte auch ihn irre gemacht. Ach! da ist kein Waschtisch, keine wohlriechende Seife, kein Kœlnisch Wasser; er gewahrt mit Schaudern, dass er am vorigen Abend, todesmüde, zur næchtlichen Toilette nur die Schuhe und seinen Rock abgelegt hatte, was ihm noch nie widerfahren. Doch auch sein Blick erheitert sich, da er an der rohen Wand einen Spiegel wahrnimmt, womit ausnahmsweise für den diesjæhrigen Aufenthalt der

AM. [1] *Gugs* nennen die Hochælpler des Berner-Oberlandes einen heftigen, furchtbaren Wind, der jeden Augenblick seine Richtung ændert.

Hauswirth seinen Salon geschmückt. Er hatte doch wenigstens die Freude sich überzeugen zu kœnnen, dass nach überstandenen næchtlichen Leiden, sein Angesicht noch das nemliche sei. Und er war vœllig getrœstet, obgleich er sich heimlich versprach, keine zweite Nacht hier zu verweilen, als er unter das Mass gestellt wurde und es sich ergab, dass, trotz des für ihn so unbequemen Lagers, sein Kœrper sich in dieser Nacht um zwei Centimeter gestreckt und wieder seine natürliche Længe erreicht hatte.[1]

Man tritt auf die schmale Terrasse, die das Haus von dem Abschuss des steilen Felsens trennt, worauf es gebaut ist, und siehe! eine blendende Schneedecke überzieht den grünenden Rasen und die rœthlichen Felsen. Noch sind die benachbarten zackigen *Schreckhœrner* und das Haupt des gewaltigen *Finster-Aars* mit Wolken bedeckt; aber der Wind hat sich gedreht und verspricht schœnes Wetter; die Mühseligkeiten der Nacht sind vergessen und in freudiger Hoffnung nimmt man in Eile das erwærmende Frühstück.

Noch ist es still auf dem obern Boden. Die Führer in der Schweiz gehœren, wenn keine allzu nœthige Arbeit zu verrichten ist, zur Gattung des Siebenschlæfers. Die Nacht war allzu stürmisch gewesen, sie hofften einen Tag der Ruhe und beeilten sich nicht das warme Lager zu verlassen. Zu diesem Ende ward das frischeste Bergheu einen halben Meter hoch aufgeschichtet, und statt der wollenen Decken bewahren sie sich vor der Kælte durch gewaltige Heupfühle, wozu der Spittler von der Grimsel die Ueberzüge liefert. Hier bringen sie bei schlechtem Wetter den grœssten Theil des Tages zu, wenn sie nicht dem Koch und der obligaten Branntweinflasche, die derselbe in Verwahrung hælt, Gesellschaft leisten und die Zeit mit Kartenspiel vertreiben. Der Führer schlæft, isst, trinkt und kartet, wenn und wo er kann; doch beeilen wir uns beizufügen, *dass, wenn gearbeitet werden muss, er auch kræftig Hand ans Werk zu legen weiss.*

Der Koch macht nun seine gewœhnlichen Anforderungen an seine Kameraden, nachdem er sie zuvor mit Caffee, Kæse und Brod und einem Italiener Schnæpslein vœllig munter gemacht. Es mangelt an

DA. [1] Si, par suite d'une marche longue et pénible (ce qui est souvent le cas en hautes régions), vous mesurez la taille (hauteur absolue) du touriste, vous serez surpris que le lendemain, après le repos de la nuit, cette hauteur de la veille est dépassée d'une notable quantité. Un très-grand nombre d'observations nous disent que la contraction musculaire peut atteindre un maximum de 4 centimètres et que la moyenne est de 2 centimètres.

Wasser und Holz. Beides muss mit ziemlichem Müheaufwand herbeigeschafft werden. Besonders in diesem Jahre war das reine Trinkwasser in der nächsten Umgebung des Pavillons selten. Die in den vorigen Jahren angefüllten Tümpel waren alle ausgetrocknet, und es musste das Wasser bei einer ziemlich weit entfernten Quelle geholt werden; versiegt auch diese, so nimmt man seine Zuflucht zum Gletscher-Wasser, das alsdann aus dem Triftbach geschœpft wird, der von einem œstlich vom Rothhorn abfallenden Gletscher in wilden Sprüngen herabstürzt und sich durch ein weitgeœffnetes Thor in den Unter-Aar-Gletscher verliert. — Das Sammeln des Holzes ist noch viel mühsamer : nur verkrüppelter Wachholder kommt in dieser Hochregion vor; der seit zwanzig Jahren drei- bis vierwœchentliche Aufenthalt auf dem Pavillon hat denselben zwar noch nicht ausgerottet, aber in der næhern Umgebung die dickern Strünke hœchst selten gemacht, so dass die dem weniger geübten Bergsteiger unzugænglichsten Felsen und Rasenplætze in ziemlicher Entfernung von dem nach Holz ausgeschickten Burschen durchsucht werden. Heute brachte dieser mit seiner Bürde knorrigen Reisigs noch eine lebendige, junge *Murmelte* [1] mit, die nach einigen Tagen Gefangenschaft so glücklich war, wieder zu seinen Kameraden entschlüpfen zu kœnnen. — Murmelthiere sind nicht selten hier, kœnnen aber nur schwer in dieser Jahreszeit lebendig gefangen werden. Auch hatte seit einigen Tagen ein Læmmergeier einen zackigen Felsspitz des Rothhorns zur Burg gewæhlt und die furchtsamen Thierchen, welche dem gewaltigen Raubritter ein willkommener Leckerbissen sein sollen, zeigten sich seit dieser Zeit nur selten ausserhalb ihrer Hœhlen.

Aber auch für die Bewohner und Gæste des Pavillons beginnen die Arbeiten. Die mit anbrechendem Tage bis zur eintretenden Nacht unterbrochenen, vielfachen meteorologischen Beobachtungen werden wieder vorgenommen und aufgezeichnet. — Die Maler [2] rüsten ihr Farbenkæstlein und Tücher und bereiten sich zu einem Ausflug in den etwa drei Stunden entfernten Circus der Strahleck, am Fusse des Finster-Aarhorns. Zwei Führer begleiten sie um ihre Effecten und den nœthigen Mundvorrath zu tragen. Da der Vater zugleich ein eifriger Waidmann, und einer der Træger ein erprobter Gemsjæger

AM. [1] Murmelthier.
DA. [2] MM. Sommer père et fils de Thun.

war, so durfte natürlich die Büchse nicht vergessen werden. Aber die Gemsen werden immer seltener und am Abend kamen die Maler zwar mit einem herrlichen Tuche, das den Finster-Aar und die Strahleck meisterhaft wiedergab, zurück; aber das gehoffte Thier war nicht geschossen. Um jedoch den Zurückgebliebenen zu zeigen, dass in dortiger Region es *Gæmschi* gebe, zog der Gemsjæger aus seiner Brusttuchtasche einige getrocknete Proben ihres Daseins hervor, und aus seinem Schnupftuche die frischesten Beweise æhnlicher Art, womit er uns zu überzeugen suchte, dass eine Stunde vorher ein Rudel dieser leichtfüssigen Thiere über den Gletscher gezogen.

Der Photograph[1] erwartet mit Ungeduld, dass die Sonne die an den Bergspitzen noch haftenden Wolken durchbreche; Objective, Glæser und Zelt, Alles ist zum Operiren bereit. Gegen 8 Uhr wird sein Wunsch erfüllt; der Himmel klært sich vœllig auf; die Sonne steht glænzend hinter dem Sidel-Horn und bei ihren erwærmenden Strahlen verschwindet in kurzer Zeit die weisse Decke des frischgefallenen Schnee's. — Nun erwacht die Insectenwelt aus ihrer næchtlichen Erstarrung. Die braunen Alpenschmetterlinge, die flüchtigen *Erebien*, tanzen auf den einzelnen von der diesjæhrigen Hitze noch verschonten Blumen umher, und der *Brennesselfalter*[2], ein Cosmopolit unter den Schmetterlingen, setzt sich zutraulich in unserer Næhe nieder und schaut neugierig unserm Treiben zu. Nur selten schwebt eine *Libelle* über den ausgetrockneten Tümpel in raschem Fluge dahin, und entfernt sich schnell wieder, da sie kein Wasser mehr findet. Ueberhaupt waren die Insecten in dieser Region und um diese Jahreszeit viel seltener als in frühern Jahren, da die aussergewœhnliche Sommerhitze den sonst so dichten und blumigen Rasen fast gænzlich versengt hatte.

Die heutige Vermessung des Gletschervorrückens ist beendigt; die meteorologischen Bemerkungen gingen ihren steten Gang und die Mittagszeit ruft diejenigen, die nicht allzuentfernt vom Pavillon sind, nach demselben zur Hauptmahlzeit des Tages zurück. An Appetit fehlt es nicht, und wenn auch die nemlichen Gerichte tæglich wiederkehren, so schmecken sie doch vortrefflich. — Eine Suppe mit Hammelfleisch zubereitet, Erdæpfel die jedoch nie ganz gar werden,

DA. [1] **Marmant**, photographe-opérateur de **M. A. Braun** à Dornach (près de Mulhouse).

AM. [2] Vanessa urticæ.

da das Wasser bei weniger Hitze als in der Ebene siedet, gebratenes Hammelfleisch, Eierkuchen, und zum Nachtisch gekochte Zwetschen, Kæse und Butter, dazu ein erquickendes Glas Wallisser Weins, ist das tæglich wiederkehrende Menu. Alle Lebensmittel werden jeden Morgen von der Grimsel geholt. Der diesjæhrige Koch ist ein alter Gardist[1] **Karls X**. Wenn er den Caffee aufgetragen, pflegt er sich zu uns zu setzen und uns von der Julirevolution, wo er auch schon die dreifarbige Fahne gesehen, zu erzæhlen. Er war einer der wenigen Schweizer, welche bei dem entthronten Monarchen noch am 2. August in Rambouillet waren, als dieser an den **Herzog von Orleans** schrieb, dass er ihm eine Bedeckung zuschicken mœge, damit er ohne Gefahr sich aus Frankreich entfernen kœnne, da die Seinigen ihn alle verlassen hatten. — Dann erscheint auch wohl noch der Hauptmann der Führer, *Melchior Blatter*, und sie gedenken ihrer alten Genossen, die auch schon auf dem Pavillon gewesen. Manche derselben haben ihre letzte Besteigung vollendet : *Jakob Leuthold* und *Hans Wæhren*, welche **Hugi** auf das Finster-Aarhorn begleiteten, *Hans Jaun*[2], der Besteiger des Wetter-Horns, des Galenstocks und anderer Riesen, und der vor einigen Jahren die **Græfin Dora d'Istria** auf den Mœnch begleiten sollte, was aber nicht zu Stande kam, da benannte Dame, als sie in die hœhern Regionen gelangte, von der Seekrankheit befallen wurde. — Natürlicherweise wird auch des berüchtigten vorigen Spittlers, des alten *Zybach* gedacht, der vor zehn Jahren wegen Brandstiftung des Grimselspitals zum Tode verurtheilt, dann begnadigt und des Landes verwiesen wurde, und der seit einigen Tagen wieder in Meyringen eingetroffen war, in dessen Kirchsprengel er nun für den Rest seiner Tage internirt ist.

Horch! da erschallt ein Jodeln vom Gletscher zu uns herauf, dem unsere zurückgebliebenen Führer kræftig antworten. Es kommt ein Besuch von der Grimsel. Wir bemerken mit Hilfe des Fernrohrs einige Damen mit unvermeidlicher Crinoline und mehrere behandschuhte Herren, die unter der Leitung zweier Spittelknechte mit

DA. [1] *Moor.*

DA. [2] *Jaun* a été proclamé guide en chef après le décès de *Jacob Leuthold* et remplacé après sa mort par *Melchior Blatter*. — Je dois encore citer les guides *Bannholzer*, *Bossli*, *Giovanni Cabassi*, qui ont émigré en Amérique. — *Daniel Brigger* a pris sa retraite et habite Im-Boden. — *Lauener père* est décédé il y a quelques années. — *Baumann* de Grindelwald qui a, le premier, planté un drapeau sur la cime de la Jungfrau, est mort à un âge avancé.

Mühe die Mittelmoræne hinabsteigen, behutsam den Gletscher überschreiten und sich nach dem diesseitigen Ufer richten. — Wie verschieden sind jetzt diese Ausflüge von denen, die vor einem Jahrhundert in diesen Regionen gemacht wurden! Damals, wie **Altmann** in seinem *Versuch einer historischen und physischen Beschreibung der helvetischen Eisberge* (Zurich 1751) erzæhlt: «Verlachete man durchgehends das Unternemmen der Besteigung der Eisberge, weil man uns versicherte, wir würden keine der Gemæchlichkeiten alldorten finden, durch welche wir unsere Reiss vollführen kœnnten; wir nahmen zu diesem Ende zwei Last-Thiere mit uns, welche wir mit einer Zelten und verschiedenen Dingen, so zu dem Mund-Vorrath nœthig waren beluden..... und unsere Bedienten waren mit Flinten versehen, damit wir uns gegen allen Anfall in Gegenwehr setzen kœnnten.» Doch kehren wir zu unserm Besuch zurück. Hier sehen wir keine Flinten und keine mit Mundvorrath beladenen Lastthiere. Die Damen und Herren sind am Fusse des Felsvorsprungs, auf dem der Pavillon liegt, angekommen, und nun beginnt das schwierige Steigen. Wir bedauern die Damen, für welche man diesen Weg gewæhlt. Doch wird nach und nach eine Person nach der andern von ihren Führern, denen die unsrigen zu Hilfe eilen, heraufgehisst, an gefæhrlichen Stellen festgehalten und wieder weiter geschoben. Es waren Berliner und Pariser, die in Gesellschaft den Ausflug unternommen. Einer der Führer, *Melchior*..... bewillkommte uns auf's Herzlichste; vor einigen Jahren hatte er das Kochamt auf dem Pavillon versehen und war seitdem zum Herrenführer vorgerückt. Zwei der Damen sanken erschœpft auf den Rasen, als sie endlich den Pavillon erreicht; aber sie hatten sich beim Anblick des herrlichen Panorama's, das sich vor ihren Augen entfaltete, bald wieder erholt und ihr Antlitz erheiterte sich, als wir sie mit der Hoffnung trœsteten, dass sie nicht wieder auf dem nemlichen schwindlichen Pfade zurückzukehren brauchten, indem wir sie auf einem mühelosen Wege wieder auf den Gletscher geleiten würden. Nach vollbrachter, erquickender Mahlzeit werden unsere Besucher auf das beim Pavillon gelegene Belvedere geführt[1], von wo man der herrlichsten Aussicht auf die in næchster Næhe emporstrebenden Alpen-

BA. [1] Sur cet emplacement de Belle-Vue, à l'Est du Pavillon, j'ai placé un chalet en bois qui a été transporté par pièces détachées de la Handeck au Pavillon. Inauguré en septembre, nous lui avons donné le nom de chalet 1862.

riesen geniesst, auf das Scheuchzerhorn, das Finster-Aarhorn, das Agassiz-Horn, die Schreckhœrner und die dem ungeübtern Auge kaum in einer halben Stunde Entfernung zu liegen scheinen. Die Reisenden waren im Anschauen entzückt, obgleich in diesen Hochthælern der Reiz der Landschaft geringer ist als in den tiefer gelegenen Berggegenden; die Unterhaltung verstummte, Alle waren ergriffen von dem Ausdrucke jenes tiefen Ernstes und jener stolzen, ruhigen Majestæt, welche die Hochalpen auszeichnet, Die Begrüssung des Besuches durch Kanonendonner durfte nickt fehlen. Neben dem Belvedere liegt, ungefæhr neunzig Meter tief unten, ein von Gletscherwasser gebildeter Miniatursee, in den man, von der andern ihn einschliessenden steilen Wand, losgebrochene Felsstücke hinunterdonnern læsst. Unsere Schweizerkanoniere sind in dieser Uebung nicht ungeschickt, und die einundzwanzig Ehrenschüsse folgen schnell aufeinander. Gern wæren unsere Touristen noch zum *Hôtel des Neuchâtelois*, das sie in einiger Entfernung auf dem Gletscher vor sich liegen sahen, gewandert, aber die Sonne neigte sich tiefer; sie mussten an ihren Rückzug denken und sich mit dem Anschauen der Skizze begnügen, welche der Maler einige Tage vorher von diesem, allen Gletscherfreunden bekannten Felsblock genommen. Er liegt jetzt an dem Fusse der Mittelmoræne, in viele Stücke gespalten; zur Zeit als er seinen stolzen Namen erhalten, thronte er auf der Moræne, die Errichtung des Pavillons beraubte ihn aber seiner Gæste; nachdem er noch einige hundert Meter vorgerückt, stürzte er über die Moræne hinab; doch kam er so zu liegen, dass die Inschriften der ehemaligen Besucher nicht verschüttet wurden. Auch der Hugiblock, unter dem vor etwa dreissig Jahren der rüstige und gelehrte Gletscherforscher **Hugi** sein Lager aufgeschlagen, ist seitdem bei vier Kilometer vorgerückt und dann über die Moræne hinabgerollt.

Wir begleiten auf einem bequemern Wege die Gesellschaft nach dem Gletscher hinunter; derjenige unserer Gæste, den die Benennung *Pavillon* so bitter getæuscht, schloss sich derselben an und war nicht wenig entzückt, diesen mühelosen Weg einschlagen und wieder in die Civilisation zurückkehren zu kœnnen.

Schon war die Sonne hinter den Schreckhœrnern versunken, das Rauschen der unzæhligen Gletscherbæchlein, die sich wieder mit eisiger Rinde bedeckten, war schwæcher geworden, um bald fast gænzlich zu verstummen, als wir auf der Mittelmoræne noch einen

rüstigen Wanderer, von der Grimsel kommend, einherschreiten sahen. Er war allein, hatte sich also verirrt, da es nicht anzunehmen war, dass er ohne Führer auf dem Gletscher zu übernachten gedachte. Doch bemerken wir bald dass er sich dem Pavillon zu nähern sucht. Er steigt von der Moræne herab und wagt sich zwischen die zerklüfteten Eismassen. Einer unserer Führer wird eiligst abgesandt um ihn von dieser gefährlichen Stelle auf den rechten Weg zu bringen; da vernehmen wir seinen jubelnden Zuruf und erkennen einen unserer jungen Freunde [1], der schon zu den tüchtigen Bergbesteigern gehœrt und der uns von der Grimsel aus seinen Besuch abstatten will. Der Führer, der ihn eingeholt, macht ihn einige Schründe überspringen; bald kommt er am Fusse der den Gletscher überragenden Felsmasse an, und nach kurzer Zeit steht er wohlgemuth vor uns. Nach der herzlichsten Begrüssung erhælt er aber den wohlverdienten Verweis, noch so spæt und ohne Führer den ihm unbekannten Weg eingeschlagen und nicht an die schnell einbrechende Nacht und an die noch viel schneller aufsteigenden Nebel, sowie an den schwierigen und im Dunkel so gefahrvollen Weg gedacht zu haben. Die Erzæhlung seiner einsamen Alpenfahrten liess uns spæter als gewœhnlich das Lager suchen, das er übrigens herrlich fand und auf dem er ohne Klagen und Seufzen bis zum anbrechenden Tage des kœstlichsten Schlummers genoss.

AUGUSTE MICHEL.

DA. 19. Pavillon de l'Aar, 1862. Pavillon de l'Aar (1862).

Quand le ciel reste couvert de sombres nuages, l'humeur s'en ressent; mais dès que l'Ami Soleil reparaît, le moral sort de douleur.

La dernière décade du mois d'août et la première du mois de septembre étaient cette année (1862) au Pavillon de l'Aar, et généralement en hautes régions des Alpes, dans des conditions météorologiques hors ligne, aggravantes pour mettre le moral dans la douleur. — Brouillard, pluie, grésil, neige, froid, *Gugx* (vent féroce), régnaient jour et nuit.

DA. [1] M. Gerber, fils de M. Gerber-Keller de Mulhouse.

Pendant vingt mortelles journées, l'ami **Michel** et le papa **Dollfus** ne chantaient pas. — « Et comment passiez-vous votre temps ? » — Certes on est en droit de nous faire cette demande et nous répondons :

Nous avons fait pendant vingt jours fort souvent des lectures météorologiques horaires d'heure en heure, de quatre heures du matin à huit heures du soir, et fort souvent une observation supplémentaire au milieu de la nuit, lorsque le vent nous en donnait la permission.

De ces vingt jours il faut cependant retrancher deux à trois jours ou demi-journées qui nous ont permis de vérifier sur le glacier des observations que nous avions organisées et que le guide en chef allait relever tous les jours par tous les temps, souvent à de grandes distances.

L'ami **Otz** (ingénieur), qui a passé une dizaine de jours avec nous, a profité de quelques éclaircies, et, grâce à son savoir-faire en pareilles circonstances, il a pu relever au théodolite les blocs et signaux du glacier qui sont compris dans la triangulation. Il a relevé très-exactement la pente terminale. Heureusement que l'année passée la bande transversale en amont du Pavillon a pu être mesurée d'une manière rigoureusement exacte: cette année c'eût été chose impossible.

Le Pavillon construit en 1844 a parfaitement résisté à tous les vents et chutes de neige jusqu'à ce jour. Il est situé à 2404 mètres d'altitude ; c'est juste à moitié hauteur du président des cîmes des Alpes, le Mont-Blanc, qui est a 4808 mètres d'altitude (variable suivant les années de plusieurs mètres).

Un chalet en bois, construit à la Handeck sous la surveillance du maître d'hôtel de la localité, *M. Huber,* et d'après les plans que j'avais remis l'année passée, m'a servi de gîte de nuit à la Handeck en montant au Pavillon cette année. Il me souvient que j'ai dormi fabuleusement bien dans cette nouvelle propriété. — Un de mes guides, charpentier de son état, a démonté cette construction, et dix individus de Guttanen l'ont transportée pièce par pièce au Pavillon. Sous ma direction il a été placé à l'Est de notre construction en pierre, sur le plateau que nous appelons Belle-Vue. Nous l'avons solidement fixé avec des roches énormes qui sont appuyées contre les parois aux quatre coins. J'y ai passé sur un matelas une nuit délicieuse et contemplé par une ouverture vitrée, pratiquée à l'Est, l'effet du soleil couchant et du soleil levant. Je me suis amusé à tracer les différents

effets de lumière de cinq en cinq minutes, et je dirai que j'ai ajouté au bas : « Cela se voit et ne se dit pas. » Tout ce que l'on peut transmettre, c'est de s'écrier en le voyant : Fabuleux ! Fabuleux ! Fabuleux !

DA. 20. Il ne s'agit pas de partir pour les hautes régions du globe.... Il faut revenir sain et sauf dans la civilisation. Hygiène en hautes régions.

Un des matériaux importants pour étudier les hautes régions c'est la *santé individuelle*.

Mes courses nombreuses et mes séjours dans les glaciers, depuis 1842 jusqu'en 1862 (soit pendant vingt années), m'ont mis à même de communiquer aux admirateurs de la sublime nature et de ses œuvres quelques renseignements que j'ajoute aux paragraphes scientifiques et pittoresques du Pavillon de l'Aar.

Habitude devient seconde nature.... En hautes régions toute locomotion factice cesse ; il faut aborder la question franchement, il faut marcher sur ses propres supports. — Pour faire sans fatigue de fortes courses, mettez en pratique l'habitude de marcher : préparez votre individu, entraînez-le peu à peu, soyez de jour en jour plus exigeant, et au bout de peu de temps vous serez vous-même étonné de vos succès, et certes vous direz avec moi : Les courses à pied sont une affaire de temps, de nourriture, de chaussure et de gîte de nuit.

Souliers en cuir forts et souples (souliers de chasse), forme brodequins lacés sur le devant de 15 centimètres de hauteur, semelle de 15 millimètres d'épaisseur dépassant le cuir, talon de 20 millimètres de hauteur et droit, nullement conique. L'extrémité de la semelle garnie d'un fer, façon fer à cheval à l'anglaise, à rainure afin que la tête des clous qui le fixent ne dépasse pas la surface ; le talon garni de même ; le restant de la semelle garni d'une rangée de clous extérieurs et d'une autre rangée plus écartés et plus au centre. Porter ces souliers de temps en temps avant de se mettre en route, afin qu'ils prennent bien l'empreinte du pied. Chaussure.

Préparer cette chaussure pour la rendre imperméable est chose essentielle des plus faciles et très-pratique. Voici la manière de s'y prendre : Immersez les souliers dans un baquet d'eau à la température ordinaire et laissez les séjourner dans le liquide pendant une heure de temps. En les sortant de l'eau, graissez la surface du soulier et la semelle avec un mélange d'une partie de suif que vous avez fait fondre à une douce chaleur dans une partie d'huile, en ajoutant un peu de noir de fumée et exposez la chaussure à l'air et à

l'ombre. L'eau s'évaporera et la graisse s'introduira dans les pores du cuir et les bouchera. Quand on est en course, tous les soirs on aura soin de graisser les souliers sans les mettre préalablement dans l'eau, et on sera étonné que par tous les temps l'humidité n'y pénètre pas. Bien se garder de les approcher d'un foyer chaud.

Bas de laine. De toutes les matières textiles, c'est la laine seule qui est souveraine pour les bas du touriste en hautes régions. Tous nos guides portent des bas de laine; nous faisons de même, et jamais personne n'a souffert par des empoules ou autres inconvénients. Par les plus grands froids je n'ai vu qu'un ami dont la plante des pieds était adhérente par la gelée au soulier.... Il portait des bas de coton. — Des bas de rechange ne sont point luxe, et on est bien aise d'en trouver pour les nuits que l'on passe sans se déshabiller en hautes régions sous une roche quelconque.

Guêtres. En marchant dans les neiges ou nevés ramollis par la chaleur, les guêtres sont *indispensables*, et le guide le plus négligent en a dans la poche pour s'en servir dans de certaines circonstances qui se présentent souvent.

Lunettes et voiles. L'action de la réverbération de la neige et des glaciers par le soleil sur les yeux est très-douloureuse et peut causer des perturbations sérieuses. Pour atténuer cet inconvénient, il est *indispensable* de porter des lunettes en verre de nuance foncée, teinte neutre, gris brun de préférence, et pour préserver la peau du visage de se servir d'un voile vert foncé.

Jamais, *au grand jamais*, on ne doit entreprendre des courses sur les glaciers sans être muni de voile et de lunettes en couleur foncée.

Gants. Des gants, non en simple cuir, mais des gants qui préservent les mains du froid, ne sont pas luxe dans de certaines circonstances.

Parapluie. Certes le parapluie par un fort vent est un meuble embarrassant, mais dans bien des cas il rend de très-bons services, et je conseille à tout le monde de se munir d'un riflard solide.

Bâton des Alpes. Le bâton des Alpes (*Alpenstock*) est indispensable en hautes régions. Il doit être en *bois solide* et d'une longueur proportionnée à la taille du naturaliste, auquel il rendra d'autant plus de services que son maniement lui est plus familier. — C'est un exercice qui s'apprend par la pratique.

Cordes et hache. Les cas prévus et imprévus dans les glaciers réclament *absolument* cordes et hache, et les guides doivent toujours en être munis.

Certaines ascensions ne peuvent se faire sans une échelle de grande dimension. En règle générale elle ne fait pas partie du matériel. Échelle.

Pour faire des courses glaciaires, il faut se rappeler que dans les hautes régions les circonstances météorologiques sont très-variables, et que fort souvent on prend gîte la nuit par des froids qui correspondent aux hivers de la plaine, froids auxquels on ne s'attendait d'autant moins que dans la journée on souffrait par une chaleur d'été. Je conseille à tous de donner la préférence aux vêtements en laine, et de se munir d'un plaid ou châle en laine et de couvertures supplémentaires. Habillement.

Pour faire la guerre il faut trois choses : de l'*argent*, de l'*argent* et encore de l'*argent*.

Pour faire des courses sérieuses en hautes régions il faut de même trois choses : du *café*, du *café* et toujours du *café*. Les chasseurs de chamois, les ingénieurs chargés de la carte fédérale des hautes régions des Alpes et nous glacialistes, nous sommes tous d'accord que l'infusion de café est souveraine en hautes régions ; elle n'exclut pas le vin, le pain, la viande, etc., mais dans toute course où on prend gîte au hasard, il est indispensable de se munir d'une cafetière (peu importe la forme) et de combustible. Nourriture.

En hautes régions la fraternité est une vérité, et dans le gîte de nuit, sous une roche ou misérable abri quelconque, naturalistes et guides se partagent les provisions. C'est certes au mieux et tout le monde est content. Le lendemain arrive, et de très-bon matin le café ne fait pas défaut. Mais pendant la journée cette fraternité, égalité, n'est *fort souvent* plus observée. Le porteur de vivres, qui est un simple profane et nullement guide, se trouve distancé, fait quelque temps d'arrêt et attaque les provisions restantes, surtout le liquide. Peut-être (je dis peut-être sans accuser personne) d'autres individus de l'expédition profitent de ce petit repos pour se reconforter, et le soir les provisions touchent à leur terme et on se couche à peu près à jeûn avec la triste perspective d'une faim du lendemain.

Je conseille de faire en partant deux parts très-distinctes : une part large et copieuse pour les guides et porteurs ; une autre part pour les messieurs (nom que nous donnent les guides), et d'avoir l'œil sur les provisions. — Cette recette est pratique et je sais pourquoi je l'ai introduite.

Lorsque la position est forcée, qu'il n'y a pas de choix à faire, et qu'on campe sous une roche ou dans une grotte quelconque, on se Gîte de nuit.

garantit contre vent et froid au mieux, et les couvertures supplémentaires ne sont pas luxe.

Souvent on passe la nuit dans des chalets habités des Alpes. Dans ce cas on doit soigneusement choisir son gîte et donner la préférence à la demeure qui réunit les avantages suivants : 1° Pas de petits enfants en bas âge et surtout pas d'enfants à la mamelle (nourrissons) dans le local. Les cris de ces petits êtres sont fort désagréables pendant la nuit; c'est un inconvénient sans doute, mais c'est une chose toute naturelle : nous tous nous avons pleuré dans notre primitive jeunesse. Ce qui est cent fois plus désagréable et qui empêche tout sommeil, c'est un bruit monotone de *tic-tac* pendant toute la nuit. Les enfants en bas âge sont emmaillottés et serrés dans un berceau que la mère place sur le plancher près de son lit en se couchant; elle met un de ses pieds en communication avec le berceau au moyen d'une forte ficelle, et par un mouvement instinctif et par habitude, même en dormant, les vibrations du pied communiquent au berceau ce mouvement de balancement, dont le résultat est ce bruit de tic-tac, bruit monotone comme celui du balancier d'une horloge. 2° Pas de bétail dans la partie basse du chalet. Les veaux et génisses en pâturage rentrent le soir à l'étable. La sonnette qui pend à leur cou fait carillon toute la nuit. On peut atténuer ces circonstances fâcheuses en bourrant ces clochettes avec du foin, tel que nous l'avons fait un soir aux huttes de Mærjelen. 3° Que le toit du chalet soit à une assez grande élévation au-dessus du sol, afin que les chèvres ne puissent prendre gîte sur les dalles du toit. 4° Fermer la porte et barricader les autres issues du gîte, surtout par le mauvais temps, les chèvres envahissant toute localité abritée, et il est fort difficile de les expulser.

Santé. En hautes régions on n'a pas le temps d'être malade, et généralement on jouit d'une très-bonne santé. Depuis 1842 jusqu'en 1862, au Pavillon de l'Aar, aucun guide, ni touristes ni naturalistes, ni visiteurs n'ont été malades dans la localité.

Des troubles accidentels, partiels, de peu de gravité, sont survenus quelquefois, et l'équilibre a été promptement remis par le savoir-faire en pareilles circonstances et dont le succès est principalement dû à notre petite collection de médicaments qui nous accompagne dans nos courses :

Médicaments.

Ammoniaque (alcali volatil).	Éther.
Essence de térébenthine.	Créosote.
Teinture d'Arnica.	Nitrate acide de mercure.
Savon calcaire.	Vessie de porc.

Ammoniaque. — Les coupures et écorchures, et généralement toutes les lésions partielles de la peau, se guérissent difficilement en hautes régions, la plus faible coupure même ne se referme pas. — Nous trempons une barbe de plume ou une parcelle de bois de sapin effilée dans l'ammoniaque et cicatrisons la plaie avec très-peu de liquide. La douleur est forte, mais de peu de durée, et la guérison prompte et radicale. Ammoniaque.

Par suite d'excès de boissons spiritueuses, quelques gouttes d'ammoniaque, ajoutées à un verre d'eau, dégrisent instantanément.

En cas de défaillance, d'évanouissement ou d'une émotion de peur aggravante, le flacon d'ammoniaque, débouché sous le nez, rappelle à la vie et est plus efficace que l'éther. Pour les piqûres d'insectes, de guêpes ou d'abeilles, lavez la partie piquée avec de l'ammoniaque étendue de beaucoup d'eau.

Éther. — Respirer de l'éther en cas de défaillance et avaler un morceau de sucre imbibé d'éther, remet promptement l'équilibre. C'est un bon remède contre les émotions violentes produites par la peur des passages critiques de hautes régions. Éther.

Essence de térébenthine. — Remède souverain dans de certains cas d'affection accablante. Pour donner une idée de l'action de l'*essence de térébenthine*, je citerai des cures promptes et radicales. Essence de térébenthine.

En 1846, à la suite d'une course glaciaire dans l'Oberland-Bernois, — le Haut-Valais — le passage du Saint-Théodule — l'Allée-Blanche — les glaciers de Chamounix et le passage du col de Balme, l'ami **M. Collomb** et moi nous sommes arrivés en santé parfaite à Vevey. Le lendemain nous avons fait une course dans les environs, parfaitement dispos. — Rendez-vous est donné pour le surlendemain a l'ami **M. Blanchet** de Lausanne, qui nous rejoindra de bon matin. Grand fut notre étonnement de voir l'ami **Collomb** alité, se plaignant de rhumatisme et de paralysie dans tous les membres. — Au moment de quitter la chambre pour demander le secours d'un médecin, **Blanchet** m'arrête et dit : Pas besoin de consultations de la Faculté, l'indisposition est caractéristique, elle est nettement déclarée, elle n'est pas douteuse. — C'est la *maladie des touristes;* par suite de

courses forcées, le système musculaire est souffrant; et il ajouta : J'ai guéri et remis en équilibre plus de dix individus qui se sont trouvés dans le même cas. — Le remède est des plus simples et la guérison infaillible. — Prenez un morceau de sucre, versez dessus (ou imbibez-le) de dix gouttes d'essence de térébenthine et avalez toutes les trois heures de jour et de nuit la même potion, et dans quarante-huit heures au plus tard tous les maux sont dissipés. — La prescription est consciencieusement suivie, et deux jours plus tard l'ami **Collomb** était en santé parfaite.

Dans le courant de l'hiver de la même année, j'apprends que mon beau-frère **J**..... **B**....., intrépide chasseur, est atteint de rhumatisme articulaire, et qu'il est souffrant depuis plusieurs jours. — Je me rends auprès de lui et lui déclare formellement qu'il a la maladie des touristes. La guérison radicale de l'ami **Collomb**, que je lui ai narrée dans tous ses détails, lui a donné grande confiance dans l'essence de térébenthine; il a suivi la prescription et peu de temps après il a passé une journée à la chasse.

A la suite d'un refroidissement, quelques gouttes d'essence de térébenthine sur un morceau de sucre provoquent une transpiration salutaire, et l'équilibre est remis.

Creosote. **Créosote.** — Les diarrhées temporaires sont combattues avec succès par la créosote *étendue de beaucoup d'eau.* Dans un verre à boire ordinaire rempli d'eau aux trois quarts, versez dix gouttes de créosote pure et agitez avec un spatule en bois le liquide pendant longtemps. Avalez de trois en trois heures la contenance d'une cuillère à café, pas plus, et l'équilibre sera remis.

Si la diarrhée persiste, il faut recourir à un remède plus simple encore, mais qui ne se pratique pas en hautes régions, c'est simplement de s'administrer un clystère de craie (carbonate de chaux quelconque) délayé dans l'eau. Ce remède, très-efficace dans beaucoup de cas, est certes simple et ne peut jamais être accablant.

Teinture d'arnica. **Teinture d'arnica.** — Par suite de chutes ou contusions si fréquentes en hautes régions, il faut bien se garder des frictions avec de l'eau-de-vie camphrée ou autres spécifiques irritants. Des compresses de linge imbibé de teinture d'arnica étendue de beaucoup d'eau, renouvelées souvent et toujours humides, soulagent et guérissent promptement, surtout si le remède est de suite appliqué et qu'aucune inflammation n'a pu se produire. On fera bien d'avaler quelques gorgées d'arnica étendue de beaucoup d'eau, cela calme le souffrant.

Dans le cas de blessures simples, on mettra des compresses d'arnica étendue d'eau comme pour les contusions. Maux de dents, joues enflées, irritation intérieure de la bouche ou du gosier : teinture d'arnica étendue d'eau un peu tiède, à conserver dans la bouche pendant quelques minutes, la cracher et renouveler cette manière de faire plusieurs fois.

Nitrate acide de mercure. — Pour cotérisation de plaies de serpents vénimeux, de chiens enragés ou d'insectes. Certes en hautes régions les cas sont rares, mais comme on n'y arrive pas en ballon et qu'on passe dans des localités où tout secours médical cesse et que ces cas peuvent se présenter, on en fera usage. Nitrate acide de mercure.

Vessie de porc. — On est peut-être étonné, et on demande quel rôle joue la vessie parmi les médicaments, dont le nombre est très-limité. Je répondrai qu'elle a déjà joué un très-grand rôle. — Certes un des accidents très-aggravants est un pied foulé (une entorse). Toute locomotion est interdite, et malheureusement ce cas arrive souvent. En hautes régions il ne s'agit pas de guérir lentement et classiquement par prescription de la Faculté de médecine : il est question de remettre l'équilibre promptement, vivement et sûrement. Nous qui passons l'été dans les glaces, les réfrigérants ne nous manquent pas et nous les mettons à profit. Vessie de porc

Pour guérir les foulures ou entorses sans exception, même les plus graves, nous commençons par remplir la vessie de neige, nevé ou glace pilée en ajoutant un peu d'eau, puis nous appliquons cette vessie sur la partie souffrante et renouvelons les matières lorsqu'elles se sont fondues. Dans les premiers moments de cette application glacée les douleurs sont atroces, insupportables; *peu importe*, quelques heures plus tard elles cessent complétement, et dans des cas ordinaires on remarçhe promptement; fort souvent le lendemain une forte foulure a disparu, les entorses graves sont dissipées en quelques jours. Nos guérisons nous disent, et elles sont nombreuses, que ce remède est souverain, hors ligne.

Dans les cas où il y a contusion et foulure, nous appliquons des linges imbibés de teinture d'arnica et plaçons la vessie sur ces linges.

Inutile de dire que pour les bras ou jambes cassés, fracturés, nous avons recours à l'arnica et à la vessie glacée pour préserver de toute inflammation, et que nous transportons le patient dans la civilisation. Nous ne faisons pas d'opérations chirurgicales.

Savon calcaire. **Savon calcaire.** — En hautes régions les coups de soleil, l'effet de la réverbération sur la peau et celui de la sécheresse de l'air, produisent des enflures et des irritations extrêmement douloureuses. Le préservatif a été indiqué, nous le répétons : c'est d'empêcher l'inflammation des yeux en portant des lunettes en verre foncé, de couvrir la figure d'un voile vert et de mettre des gants.

Fort souvent, dans les passages critiques, il s'agit d'ouvrir grandement les yeux et de bien voir où on posera les pieds, les mains et l'*Alpenstock ;* et dans ces moments c'est une affaire de vie ou de mort. On quitte lunette et voile, toute protection cesse, et l'inflammation de la peau en résulte.

Rentré au gîte de nuit, on imbibera des linges de savon calcaire, on les appliquera sur la partie enflammée, qu'on renouvelera de temps en temps : les douleurs se calment et l'inflammation disparaît.

Ce remède sera employé de la même manière pour les brûlures par le feu ou la poudre.

Le savon calcaire est préparé de la manière suivante :

Sur un morceau de chaux vive de la grosseur d'une noix, versez successivement quelques gouttes d'eau tiède, elle se boursoufflera et tombera en poussière ; continuez d'ajouter de l'eau en remuant avec un spatule, en tout un litre. Vous aurez un liquide qui contiendra une faible quantité de chaux en dissolution, mais en agitant il y aura de la chaux en suspension, un vrai lait de chaux.

Dans un vase quelconque versez la quantité approximative d'un verre à boire d'*huile de lin* et ajoutez un peu de lait de chaux trouble, agitez fortement avec un spatule, continuez d'agiter et cessez d'ajouter du lait de chaux lorsque le savon de chaux qui se forme est de consistance siropeuse.

Les coups de soleil et l'échauffement de la peau sont très-fréquents par suite de courses faites sur les glaciers et surtout dans les neiges fraîches, par des journées sereines et un soleil ardent. Les souffrances que l'on éprouve réclament un soulagement, et si on n'a pas de savon calcaire à sa disposition, on pourra recourir aux moyens suivants :

On se servira d'huile ordinaire (huile d'olive, huile de lampe, huile de noix, peu importe), on y ajoutera un peu d'eau et on agitera fortement pour en faire une espèce de bouillie, qu'on étendra sur un linge et qu'on appliquera sur la partie enflammée. Des linges imbibés de lait, de beurre, de suif, de blanc d'œuf, soulageront ; et si on manque absolument de tout, on aura recours à de la terre humec-

tée d'eau ou de teinture d'arnica. Aux maux les remèdes qu'on a sous la main. On peut encore avoir recours à la bouse de vache, aux cataplasmes de pain, etc.

Pour clore le chapitre très-incomplet des médicaments, je dois encore mentionner le traitement à suivre pour les pieds ou mains gelés, ou qui ont souffert du froid. — Frottez le plutôt possible la partie gelée avec de la neige, du nevé ou de la glace pilée, frottez fort et longtemps, puis continuez ce frottement avec des étoffes imbibées d'eau.

MATÉRIAUX

POUR

L'ÉTUDE DES GLACIERS.

MORAINES.

DA. 1. **Moraines en général.** Moraines en général.

La plupart des glaciers, sinon tous, sont plus ou moins exposés à être atteints par des chutes de pierres et par des éboulements partiels ou des avalanches de roches. Ces matériaux, répandus sur le glacier ou enfoncés dans les neiges ou nevés qui les couvrent *temporairement* en hautes régions, finissent tous par atteindre, les uns les côtés, les autres (et c'est le plus grand nombre), le pied ou l'extrémité inférieure (pente terminale); ils roulent sur les bords, où ils se mêlent avec les matériaux que le glacier a rencontrés sur son passage et qu'il a poussés devant lui. Il se forme de cette manière le long des deux côtés et à son pied un entassement informe de terres, de sable, de gravier, de fragments de roches et de gros blocs de toutes les dimensions.

Ces amas de débris, soit qu'ils soient en activité sur le dos du glacier ou restent stationnaires sur roche en place, portent en français le nom de *Moraines* et en allemand celui de *Gandecke*[1]. Nous désigne-

DA. [1] Les moraines en activité sont désignées par nos guides de hautes régions depuis 1840 par le mot français *Moraines*; tous les matériaux erratiques sans distinction sont nommés par eux *Guffer*.

Moraines en activité. rons par *Moraines en activité* les matériaux que nous voyons sur les glaciers et sur le terrain qui les encaisse. Nous conserverons le Moraines erratiques. nom généralement admis de *Moraines erratiques* aux matériaux restés en place souvent à de très-grandes distances et déposés par les anciens glaciers.

La quantité de matériaux dépend de l'étendue du glacier qui les charrie, de la hauteur des montagnes et de la nature des roches qui l'encadrent. Les rives composées de roches friables se délitant facilement, fourniront des moraines plus grandes que si elles étaient d'une roche compacte et massive.

Le volume des matériaux varie depuis la poudre fine (limon) jusqu'à 8360 mètres cubes (Blauenstein, dans la vallée de Saas).[1]

Par la progression des glaciers qui se fait dans tous les sens, en longueur, en largeur et en hauteur, soit longitudinalement, transversalement et verticalement, mouvement général et local en raison de la masse (volume), tous les matériaux supportés par les glaciers (qui se trouvent sur son dos) suivent le mouvement et finissent par atteindre les côtés ou la pente terminale.

A l'extrémité des glaciers les moraines sont souvent d'une autre roche que les parois environnantes; mais, en remontant le glacier, on arrive toujours à leur origine. — *Les moraines peuvent, sous ce rapport être envisagées comme le répertoire de toutes les roches qui existent dans le bassin du glacier.*

Dans les régions où le glacier est encadré de roches couvertes de petits glaciers, de nevés ou de neiges, il ne tombe pas de roches sur leur surface.[2]

Les matériaux (moraines), à quelques exceptions près, protègent contre l'ablation la surface du glacier qui les supporte, et se trouvent plus élevés que les surfaces de glace ambiantes.

La forme des *Moraines en activité* sur le dos du glacier et celles qui sont déposées sur les roches qui les encaissent varient beaucoup et changent d'aspect pendant leur parcours. — Ces matériaux se resserrent, se détendent, s'éparpillent suivant les régions du glacier qu'ils parcourent. — Ils ont généralement plus de charge à se maintenir sur la surface du glacier lorsqu'ils se trouvent éloignés des bords.

DA. [1] Voyez T. II, p. 10.
DA. [2] Citation importante.

DA. 2. **Classification des moraines.** Classification des moraines.

A. **Moraines médianes** (*Mittelmoræne* ou *Gufferlinie*).

Entassement de blocs et de fragments de roches sur la surface et généralement au milieu des glaciers composés, résultant de la réunion de deux ou de plusieurs glaciers simples. — Les moraines médianes se présentent sous forme d'une digue élevée dans le sens de l'axe du glacier et de la vallée qui l'encaisse.

B. **Bandes** (*Gandecke*).

Traînées de débris plus ou moins espacés.

C. **Moraines en activité éparpillées sur le glacier.**

Matériaux éparpillés par suite d'un mouvement transversal plus accéléré.

D. **Matériaux éparpillés sur roche.**

Matériaux qui restent éparpillés sur le sol par suite de la fonte du glacier qui les supporte (diminution du glacier).

E. **Nappe de blocs** (*Trümmer-Ebene*).

Matériaux qui couvrent toute la surface d'un glacier composé de plusieurs affluents.

F. **Blocs accumulés** (*Trümmer-Masse*).

Amas de matériaux d'un certain volume qui se présentent sous forme d'un grand cône (pyramide de blocs).

G. **Cônes graveleux** (*Sand-Kegel*).

Cônes, pyramides de glace couvertes de sable fin, élevés à plusieurs mètres de hauteur au-dessus de la surface du glacier.

H. **Tables des glaciers** (*Champignons, Gletscher-Tische*).

Blocs perchés sur un piédestal de glace.

I. **Blocs sporadiques** (*Irr-Felsen*).

Fragments volumineux qui, après avoir tablé (quitté le piédestal qui les supportait comme tables des glaciers) se trouvent à une certaine distance de leur place normale.

K. **Moraines latérales** (*Seiten-Moræne*).

Matériaux sur le dos du glacier rapproché des rives d'encaissement.

L. **Moraines riveraines** (*Ufer-Moræne*).

Matériaux déposés sur les rives par suite du mouvement transversal et d'ablation du glacier.

M. **Moraines terminales** (*End-Moræne*).

Débris sur la surface de la pente terminale du glacier (talus terminal, frontal).

N. **Moraines frontales** (*Gletscher-Schutt*).

Blocs et fragments de roche sur le sol, en aval de la pente terminale du glacier.

O. **Moraines profondes** (*Grund-Moræne*).

Matériaux enterrés sous le glacier.

P. **Moraines intérieures** (*Innere Trümmer*).

Matériaux qui tombent accidentellement dans des crevasses ou ouvertures des glaciers et s'y maintiennent.

Q. **Boue de glacier** (*Couche de boue, Gletscher-Koth*).

Roches réduites à l'état de poudre fine, de limon, par le frottement des surfaces de glace contre les parois et le fond qui les encaissent.

R. **Moraines en activité sur le glacier, remaniées par les eaux.**

Matériaux peu volumineux remaniés par les eaux qui coulent sous forme de ruisseaux à la surface du glacier par suite de fortes fontes, surtout au printemps.

S. **Matériaux en place sur le sol, remaniés par les eaux.**

Matériaux déposés par le glacier qui sont atteints et entraînés par les eaux.

Moraines médianes.

DA. 3. **Moraines médianes** (A).

Entassement de blocs et de fragments de rochers sur la surface et généralement au milieu des glaciers composés, résultant de la réunion de deux ou plusieurs glaciers, se présentant sous forme d'une digue élevée dans le prolongement de l'axe du glacier et de la vallée qui l'encaisse.

Les glaciers simples n'ont pas de moraine médiane.

Moraine médiane au glacier inférieur de l'Aar.

La moraine médiane du glacier inférieur de l'Aar (Unter-Aar-Gletscher) est très-développée et est un des spécimens morainiques les plus caractéristiques des Alpes : elle se maintient sans s'éparpiller depuis l'Abschwung jusqu'à la ligne transversale du glacier du Zinkenstock au glacier antérieur de Trift, sur une longueur de 4400 mètres. Le maximum de largeur à sa base avant de s'éparpiller est de 250 mètres, et sa plus grande hauteur verticale au-dessus du niveau de la surface de glace ambiante rive gauche est approximativement de 50 mètres (1862).

Elle est formée par les moraines latérales de rive droite de la Lauter-Aar et les affluents du Schreckhorn — du deuxième affluent du Lauter-Aarhorn — des deux affluents de l'Abschwung — et sur rive gauche des moraines latérales de la Finster-Aar et des affluents de la Strahleck et du Mittelgrat : total, cinq affluents principaux. Les autres

affluents ne donnent lieu qu'à des bandes qui se maintiennent d'une manière normale à distance de la moraine médiane et finissent par se confondre avec la moraine éparpillée.

Cette moraine médiane est composée de matériaux de toute dimension, dont plusieurs blocs qui la surmontent ont des dimensions colossales, tels que le bloc qui porte encore en 1862 l'inscription *hôtel des Neuchâtelois* — le **Bloc Hugi** auquel était adossé, il y a longtemps de cela, la cabane qui servait de gîte à cet infatigable glacialiste, et de beaucoup d'autres très-volumineux.

Un certain nombre de ces blocs servent de signaux pour mesurer la marche, la progression du glacier compris dans la triangulation.[1]

Les matériaux et débris de roches qui couvrent le glacier protègent sa surface des rayons solaires : l'ablation sous ces matériaux est plus faible que sur le glacier découvert ; par cette raison nous voyons les moraines médianes plus élevées que les surfaces dégarnies ou celles qui supportent des matériaux éparpillés, et former des digues d'une grande hauteur.[2]

L'épaisseur positive des matériaux qui forment la moraine médiane de la surface au piédestal (base de glace) qui les supporte, n'a généralement en menus débris qu'une épaisseur qui varie de $0^m,20$ à $0^m,50$. Par le grand nombre de pieux que nous avons placés dans des trous forés dans la moraine médiane, depuis l'Abschwung jusqu'en aval du Pavillon, sur une étendue de plus de 4 kilomètres, nous n'avons jamais trouvé plus de $0^m,50$ de hauteur de matériaux, et ce maximum était une exception : généralement la couverture est de $0^m,30$. — Tous ces pieux, placés dans les trous forés de 2 à 3 mètres de profondeur du Pavillon à l'Abschwung pour observer la marche du glacier et l'ablation, se trouvaient solidement gelés dans la masse le lendemain. Ceux placés dans les trous forés dans la glace découverte n'étaient jamais gelés (faisant corps avec la masse), pas même après des journées de neige qui préservaient le glacier de l'ablation.

La moraine médiane n'est point crevassée dans les régions où elle est compacte et où elle se maintient comme digue longitudinale, mais dès qu'elle s'étend, s'éparpille, les crevasses se forment. Ce manque de crevasses n'est pas une raison pour croire que les fissures trans-

DA. [1] Voyez *Marche des glaciers*.

DA. [2] **De Saussure** a déjà signalé ce fait le siècle passé.

versales qui s'ouvrent spontanément s'arrêtent aux bases qui supportent ces matériaux, mais ces fissures n'étant pas en contact des rayons solaires, ne s'ouvrent pas et ne deviennent pas béantes.

Les roches de la moraine médiane sont sous l'influence de la marche du glacier. Près de l'Abschwung, au confluent des glaciers, ces roches, surtout celles qui ont des formes plates (des dalles), sont fortement inclinées: on voit qu'elles sont pressées les unes contre les autres par la réunion et la pression qu'exercent les affluents; en aval nous les voyons placés plus à plat, et plus en aval encore, où le mouvement du glacier est plus accéléré (nos observations nous le disent), elles sont tout-à-fait à plat et moins serrées, et cela est tout naturel: une surface de 100 mètres de longueur acquerra un développement de 101 mètres, et même plus: les dalles se détendront sans s'éparpiller.

Les matériaux qui recouvrent le glacier sous forme de moraine médiane ne restent pas toujours à leur place normale, surtout ceux qui sont rapprochés du bord de la pente, dont le degré varie beaucoup et est généralement plus raide, plus abrupt du côté du Midi, soit rive droite (la direction générale de la moraine est de l'Ouest à l'Est). Ils tombent, glissent le long de la pente; les gros blocs surtout ne se maintiennent pas très-longtemps sur la surface extrême. Depuis quelques années déjà le bloc de l'ex-hôtel des Neuchâtelois, disloqué et réduit en morceaux, se trouve au bas de la moraine rive gauche; en 1861 le colossal **Bloc Bugi** s'est beaucoup rapproché de rive droite, et en 1862 nous l'avons trouvé presque au bas du talus perché sur un piédestal de 2 mètres de hauteur: ce piédestal produit un effet très-pittoresque.

Non-seulement de gros blocs ne conservent pas sur la moraine médiane leur place anormale et glissent ou roulent le long des pentes jusqu'au bas du talus, et se trouvent sur la surface du glacier libre, mais de certains blocs, dont les dimensions et la conformation sont favorables pour protéger la glace qu'ils couvrent et former des tables de glaciers, se mettent à tabler du côté du Midi, s'éloignent de la moraine transversalement et finissent au bout d'un certain nombre d'années par se trouver jusqu'à 100 mètres et plus de la base de la moraine; — je dis 100 mètres et plus : on peut même faire la supposition, dans des circonstances favorables pour cette locomotion, que ces blocs plus ou moins nombreux peuvent ainsi continuer leur singulière marche pendant un très-grand nombre d'années, et étonner par leur présence à des places où certes on ne pense pas à les trouver, et si on ne les

avait pas pris sur le fait de leurs allures, toute explication serait impossible [1]. Je les nomme sporadiques, et cette observation a de l'importance pour expliquer la présence de certains blocs isolés qui font partie de ce que nous appelons terrain erratique.

Moraine médiane du glacier de Viesch.

La *Moraine médiane du glacier de Viesch* (*Viescher-Gletscher*) se compose d'une masse de matériaux d'un faible volume comparés aux autres blocs monstres du glacier de l'Aar inférieur; ces matériaux sont en partie schisteux et en partie granitiques; ils suivent assez bien la ligne de thalweg du glacier dans toutes ses nombreuses sinuosités, malgré les crevasses et les aiguilles qui le couvrent et le traversent. La pente de ce glacier, depuis le talus terminal jusqu'au pied du Rothhorn, sur une longueur d'environ 8000 mètres, est en moyenne de près de $0^m,20$ à $0^m,23$. Dans ce massif montagneux il y a plusieurs pics qui portent le nom de Rothhorn; celui qui est situé au fond de la vallée du glacier de Viesch fait partie de la chaîne du Finster-Aarhorn: il est coté sur la carte fédérale à 3549 mètres; il fait l'office d'un Abschwung. — C'est de son pied, 2805 mètres, que part la moraine médiane dont nous parlons; elle rassemble tous les matériaux qui tombent du revers méridional du Finster-Aaarhorn, de l'Agassiz-Horn et des grands Viescher-Hœrner. D'une autre branche elle réunit les matériaux qui proviennent du revers méridional de l'Ober-Aarhorn et du Studer-Horn. On voit par la nomenclature de tous ces *Hœrner* qu'elle est suffisamment alimentée.

Lorsque cette moraine s'approche du talus terminal, elle trouve une roche en place, un monticule près d'une localité nommée Titer, qui lui fait obstacle au milieu de la vallée et force le glacier à se partager en deux branches. La moraine médiane, ainsi que le glacier qui la supporte sont fortement bouleversés par cet accident, par cet obstacle; les roches et les débris sont rejetés à droite et à gauche et se confondent avec les moraines latérales.

Il en résulte que ce glacier, qui transporte beaucoup de débris, qui possède des moraines dans toute sa partie moyenne jusqu'au pied du Rothhorn, n'a pour ainsi dire pas de moraine frontale, le nombre des matériaux qui existent au pied du talus terminal n'est pas en rapport avec le nombre de ceux qui sont transportés, parce que les blocs de toute nature, en approchant de la fin de leur trajet, sont successivement rejetés en éventail sur les rives du glacier; ils passent même

[1] Voyez *Blocs sporadiques*.

souvent sous le glacier, où ils deviennent moraine profonde, ou bien ils sont broyés en menus débris et transformés en boue de glacier.

Ce fait de l'existence d'une roche en place au milieu d'une vallée qui force le glacier à se partager, à se diviser en deux branches, n'est pas particulier au glacier de Viesch ; on en trouve des exemples dans plusieurs autres glaciers des Alpes, entre autres au rocher nommé *le Jardin*, au milieu du glacier de Talèfre, et toutes les fois que les circonstances du relief du sol le permettent.

Ce phénomène se rencontre encore dans le terrain erratique; ainsi, dans les vallées des Vosges qui ont été occupées par d'anciens glaciers, mon ami **Collomb** avait désigné certaines moraines sous la dénomination de *Moraines par obstacle*, pour indiquer la présence d'un monticule posé au milieu d'une vallée ayant fait obstacle à la marche régulière du glacier et provoqué le dépôt d'un certain nombre de matériaux.

Cet autre fait de l'absence de moraine frontale au pied d'un glacier qui est lui-même couvert de débris dans sa partie supérieure, n'est pas non plus spécial au glacier de Viesch; nous en trouverons de nombreux exemples dans d'autres glaciers des Alpes.

Bandes. DA. 4. **Bandes** (B).

Traînées de blocs plus ou moins espacés.

Un grand nombre d'affluents qui portent leur tribut de glace aux glaciers inférieurs de l'Aar conservent leur spécialité; les matériaux qu'ils portent sur le dos forment une ligne, traînée de blocs plus ou moins espacés qui se maintiennent assez parallèlement à la moraine médiane. Je leur donne le nom de *bandes* pour les distinguer de la grande moraine médiane. C'est un cordon de matériaux dans son ensemble; mais, examiné en détail, ce cordon est souvent interrompu par des espaces vides, d'autres plus chargés; quelquefois ce sont des blocs isolés ou des matériaux fins, de véritables traînées de sable. — De certains gros blocs désertent l'alignement normal en tablant; d'autres sont engloutis, tombent dans des crevasses; mais, dans son ensemble, le ruban se conserve jusqu'à l'altitude en aval où la moraine s'éparpille.

Moraine en activité éparpillée sur le glacier. DA. 5. **Moraine en activité éparpillée sur le glacier** (C).

Matériaux éparpillés par suite d'un mouvement transversal plus accéléré.

Lorsque les glaciers composés arrivent dans une région où leur encaissement s'élargit, la progression dans le sens transversal est

généralement plus accéléré et les moraines s'éparpillent. Des progressions irrégulières du glacier par suite du terrain accidenté qu'ils parcourent causent souvent une perturbation dans la position normale des matériaux.

DA. 6. **Matériaux éparpillés sur roche** (D). Matériaux éparpillés sur roche.

Matériaux qui restent éparpillés sur le sol par suite de la fonte du glacier qui les supporte (diminution du glacier).

Ces matériaux restent en place aussi longtemps qu'ils ne sont pas atteints de nouveau par le glacier ou remaniés par les eaux et les avalanches.

DA. 7. **Nappes de blocs** (E). Nappes de blocs.

Matériaux qui couvrent toute la surface d'un glacier composé de plusieurs affluents.

Les matériaux qui forment ces nappes se composent de fragments de roches dont les dimensions sont généralement moins volumineuses que celles des moraines et des bandes en amont, par la raison toute simple que pendant leur parcours les agents atmosphériques, les chocs et les chutes les divisent; mais c'est surtout de plus en plus en aval que la division est plus active. Les blocs monstres ont des dimensions réduites et sont rares.

Dans un glacier composé de plusieurs affluents qui se trouve régulièrement encaissé (les rives parallèles), la moraine médiane et les bandes se conserveront sur une grande longueur; mais lorsque la masse arrive dans une région où cet encaissement s'élargit, les matériaux de ces deux moraines s'élargiront par suite de la progression transversale, qui sera plus considérable; l'ablation sera plus forte, ils s'éparpilleront, formeront *moraine éparpillée* (C), et finiront plus en aval par couvrir toute la surface du glacier en formant une *nappe de blocs*.

Au glacier inférieur de l'Aar, la moraine médiane et les bandes commencent à s'éparpiller lorsqu'elles arrivent à la ligne transversale du glacier de la Trift inférieure au glacier du Zinkenstock; plus en aval elles forment deux nappes qui laissent le glacier à découvert au milieu sur une largeur de 200 mètres, qui se rétrécit de plus en plus. A 600 mètres en amont de la pente terminale le glacier est couvert d'une nappe qui couvre toute sa surface sans intervalle (1862).

Un des plus beaux exemples de nappe de blocs existe au glacier de Zmutt. Ce glacier, situé au fond de la vallée de Zermatt, sur sa rive gauche, marche dans la direction de l'Ouest à l'Est. Il est en- Glacier de Zmutt.

caissé sur la rive gauche par l'Ober-Gabelhorn (4073m), le Hohwæng-horn (3343m), la Dent-Blanche (4364m), et la Wandfluh, dont les sommités sont cotées de 3595m à 3912m. Le fond de son cirque est occupé par le col d'Hérens (3480m), et la Tête-Blanche (3750m); sa rive droite est bordée par les hautes sommités inaccessibles de la Dent-d'Hérens ou Mont-Tabor (4180m), et du Matter-Horn ou Mont-Cervin (4482m).

Chacun de ces pics lui envoie des glaciers simples à forte pente et des moraines de débris qui viennent se jeter dans le glacier principal. Ces glaciers simples sont, en commençant par la rive gauche et en faisant tout le tour de ce vaste cirque : l'Arben-Gletscher, le Hohwæng-Gletscher, le Schœnbühl-Gletscher; ces trois petits glaciers appartiennent à la rive gauche. Au fond du cirque et sur la rive droite nous trouvons le Stœck-Gletscher et le Tiefenmatten-Gletscher; ces deux derniers dépendent de la Dent-d'Hérens et du Matter-Horn.

Ce glacier n'a pas une très-grande longueur, puisque, du sommet de la Tête-Blanche jusqu'à son talus terminal, il n'y a pas plus de 8500 mètres en ligne droite; cette longueur se divise en deux parties bien distinctes : l'une supérieure, qui comprend les glaciers simples; l'autre inférieure, qui comprend le glacier de Zmutt proprement dit, qui a 5000 mètres de longueur et qui commence au pied du Stockhorn, montagne formant Abschwung, dont le sommet est à 3097 mètres et le pied à 2638 mètres, disposition analogue à celle du glacier de l'Aar qui, à partir de l'Abschwung, prend en amont les noms de Lauter-Aar et de Finster-Aar.

Les moraines latérales et celles qui se réunissent au pied du Stockhorn sont exclusivement composées de fragments de roches schisteuses qui se débitent en dalles souvent plates comme des ardoises; on n'y voit nulle part de gros blocs cubiques de granite et il en résulte que ces débris ont toute facilité pour s'étaler à leur aise, couvrir la surface entière du glacier et empêcher l'ablation, d'autant plus que la pente moyenne de la surface n'est pas forte et ne va pas au-delà de 0m,098.[1]

Cette nappe de débris couvre le glacier au point qu'on peut le tra-

DA. [1] Calcul de la pente : longueur du glacier, 5000m; altitude du pied du Stockhorn, 2638m; altitude au pied du talus terminal, 2146m; différence, 492m, d'où l'on déduit 0m,0984.

verser d'une rive à l'autre sur 700m de largeur sans mettre le pied sur la glace. Ce fait provient sans doute en grande partie de la forme aplatie, schisteuse, ardoisiforme des débris qui couvrent, sous un volume donné, une plus grande surface de glace. L'abondance des débris provient encore de la facilité avec laquelle les roches constituant ces montagnes se délitent, se décomposent, se détachent de la masse pour rouler sur le glacier; les montagnes granitiques du groupe du Mont-Blanc et du groupe de la Jungfrau ne se décomposent pas avec la même facilité.

Il en résulte encore une autre conséquence: ce manteau protecteur favorise au plus haut degré l'envahissement du front du glacier, puisque l'action des rayons solaires sur la glace s'en trouve annulée. Quoique n'ayant que 5000 mètres de longueur et ne pouvant guère être classé parmi les plus grands, il en joue cependant le rôle par la manière dont il envahit les terres et les forêts de mélèzes sur sa rive gauche du côté de la Kalbermatt, et particulièrement sur sa rive droite du côté de la Staffel-Alp. De vieux mélèzes trois fois centenaires sont arrachés et brisés; la moraine frontale se compose d'une masse énorme de débris où l'on remarque autant de bois que de pierres.

DA. 8. **Blocs accumulés** (F). Blocs accumulés.

Amas de matériaux d'un certain volume qui se présentent sous forme de grand cône (pyramide) de blocs.

Les glacialistes seront peut-être surpris de voir surgir dans la nomenclature des moraines des espèces nouvelles et me diront que la classification adoptée jusqu'à ce jour répond à toutes les formations: moraines médianes — moraines latérales — moraines frontales — et moraines profondes. — Je ne suis pas de cet avis.

En montant au glacier inférieur de l'Aar par la pente terminale on marche pendant quelque temps sur la nappe de blocs anguleux à arêtes vives qui couvrent uniformément et assez horizontalement sa surface[1]; on voit des cônes isolés qui s'élèvent souvent à une assez grande hauteur. — Quelle est la cause de ces pyramides de maté-

DA. [1] Locomotion pénible, nullement dangereuse sans doute, mais qui met à de rudes épreuves la chaussure. — Un jour le cordonnier du Grimsel me dit: « De tous les glaciers, c'est votre glacier inférieur de l'Aar qui est le plus significatif, le plus intéressant à voir: la moraine qui le couvre est mon gagne-pain.... A chaque départ de touristes qui se rendent du Grimsel au glacier, je me dis: A leur retour, travail de nuit bien paye; jamais cela ne manque: cuir et semelles sont décousus, crevassés. »

riaux accumulés ? — L'ami **Desor**, pendant nos séjours au Pavillon, me disait fort souvent : « Papa **Dollfus**, tous les phénomènes glaciaires qui se présentent à la surface et ceux à l'intérieur doivent être expliqués. » — Autant qu'il m'en souvient, les explications de ces cônes, qui du reste n'ont pas été publiées, laissaient beaucoup à désirer. Aujourd'hui, en 1862, je suis assez osé d'essayer de la donner : j'en prends toute la responsabilité personnellement seulement, n'ayant pas été à même de la discuter avec des collègues ou collaborateurs. Je dois cependant dire que mon guide en chef a ajouté foi à mes conclusions ; de plus, il est encore d'accord avec moi que la nature seule est professeur. — On sera peut-être étonné de voir un glacialiste, admirateur des œuvres du grand Architecte de l'univers, faire confirmer ses théories, conclusions d'observations, par un guide profane, et pour éclairer cette prise en considération, je dirai avec **de Saussure** :

« Et croirait-on que dans ces sauvages retraites, dans les hautes « régions des Alpes j'ai trouvé des penseurs qui, par la seule force de « leur raison naturelle, se sont élevés fort au-dessus des superstitions « dont le petit peuple des villes s'abreuve avec tant d'avidité.[1] »

Revenons aux blocs accumulés.

Quelle est la cause de ces fragments de roches accumulés sous forme de cônes ou pyramides ?

En amont de ces mêmes cônes, à une certaine distance, nous voyons des dépressions en creux dans le glacier, de petits cratères (si toutefois on peut leur donner ce nom) très-évasés dans le haut, dont la partie inférieure est encombrée de roches qui y sont tombées du haut des parois abruptes ; ces trous sont quelquefois à sec, mais le plus souvent il y a de l'eau. Cette cavité finit par être complétement chargée de matériaux ; les surfaces adjacentes s'abaissent par ablation, la moraine surgit, le mouvement progressif du glacier dans ces régions est lent et le cône sera formé.

En 1862 cette hypothèse est parfaitement confirmée. — En parcourant le glacier rive droite, grand fut mon étonnement de voir dans la masse du glacier même, en aval du glacier du Thierberg, non pas un de ces cratères de moraine terminale, mais un vrai lac de 200 mètres approximativement de longueur et autant de largeur (4 kilomètres carrés) et de 60 mètres et plus de profondeur, se trou-

DA. [1] Voyez *Matériaux*, T. I, p. 135.

vant dans une nappe de blocs de laquelle, par une belle journée, les matériaux de la surface glissent à chaque instant sur les parois de glace qui l'encadrent et finiront par la remplir complétement.

Plus en aval ces matériaux surgiront et produiront un cône monstre qui remplacera celui que nous voyons beaucoup plus en aval sur le glacier et dont la présence étonnait. — La carte du glacier très-détaillée de M. l'ingénieur **Wild** signale en 1842 un lac à une assez grande distance en amont de la rive droite et en prolongement de celui-ci. En 1862 ce lac ne se voit plus à cet emplacement : c'est le même qui nous occupe et qui a fait une locomotion en aval. Un autre lac se formera et donnera lieu à un cône nouveau — cône que nous désignons par blocs accumulés pour le distinguer des cônes graveleux (cônes de gravier) qui doivent leur existence à des causes bien différentes.

DA. 9. **Cônes graveleux** (G). Cônes graveleux.

Cônes, pyramides de glace couvertes de sable fin, élevés à plusieurs mètres de hauteur au-dessus de la surface du glacier.

Leurs dimensions varient depuis celles qui, par la forme et la grandeur, ressemblent aux taupinières que nous voyons sur la surface des gazons jusqu'à de grandes dimensions. En 1862, année de forte ablation, j'en ai vu au glacier inférieur de l'Aar jusqu'à 10 mètres de hauteur, ce qui est le maximum.

Ces cônes graveleux se voient au glacier de l'Aar (et généralement sur les glaciers) dans le voisinage des grands ruisseaux qui coulent à leur surface et qui charrient du sable fin en masse. Ces ruisseaux changent souvent de direction, surtout au printemps à la fonte des neiges. Les sables fins accumulés sur un certain espace du glacier dont la surface n'est plus atteinte par les eaux, protègent la glace qui les supporte contre l'ablation; cette masse de sable se trouvera plus élevée. Le cône de glace ne s'élèvera pas en progressant du bas en haut, comme le ferait un champignon; c'est la surface ambiante qui baisse par la fusion et le cône s'élèvera de plus en plus jusqu'à sa destruction. Les sables protecteurs finiront par glisser sur les parois abruptes, mettront la surface de la glace à nu et les rayons solaires l'anéantiront.

Les cônes graveleux sont temporaires et leur existence individuelle ne dépasse généralement pas une année.

Sur le glacier de l'Aar les cônes graveleux les plus nombreux et les plus grands se trouvent à moitié chemin de la ligne du Pavillon à pente terminale. En 1861 et 1862 nous en avons vu dans le cirque de la

Strahleck qui eussent certes fort étonné feu glacialiste **Hugi**, qui fixa la ligne des neiges éternelles (que nous avons remplacées par neiges temporaires) à quelques cents pas en amont de l'Abschwung, sur le glacier du Finster-Aar.

Tables des glaciers.

DA. 10. **Tables des glaciers** (H).*

Blocs perchés sur un piédestal de glace.

Ces blocs perchés ont été signalés par **de Saussure**, **Hugi**, **de Charpentier**, etc. Ces auteurs sont tous d'accord sur la cause qui les produit. — **De Charpentier** dit :

«On rencontre quelquefois sur les glaciers de très-gros blocs de roche supportés comme les moraines médianes par un socle de glace qui a aussi la même origine.... Dès qu'un socle a acquis une certaine hauteur qui dépend de la grosseur et surtout de la largeur du bloc, le soleil et les vents chauds l'entament et l'amincissent du côté où ils l'atteignent. Ce bloc n'étant plus suffisamment appuyé se met à pencher de ce côté et finit par tomber sur la surface du glacier; puis, donnant lieu à un nouveau socle, il se retrouvera de nouveau au-dessus de la surface adjacente.»

Sur les glaciers de l'Aar, les tables des glaciers sont très-nombreuses des deux côtés de la moraine médiane, depuis l'Abschwung jusqu'en aval du Pavillon où la moraine médiane s'éparpille. Nous

* **Steudner (D^r).**

Felstische in der Sandwüste (tables au désert). Mémoire inséré dans **Petermann's** *geographische Mittheilungen, 1861;* T. VII, p. 281.

In der 10 Stunden breiten Wüste zwischen *Saccara* und *Fogum* (Egypten) sieht man æhnliche Tische wie die sogenannten *Gletscher-Tische* (tables de glaciers) auf den Gletschern. — Hierbei schützt der Felsblock das direct unter ihm liegende Eis des Gletschers gegen die verzehrenden Strahlen der Sonne, welche die ringsumherliegende Oberfläche des Gletschers aufthaut, so dass endlich ein Eisstiehl da steht, welcher den Felsblock frei auf seiner Spitze trægt, bis auch diese tragende Eismasse von der Tageswærme und den Sonnenstrahlen so stark angenagt wird, dass sie den Felsblock nicht mehr halten kann, und dieser von Neuem auf die Flæche des Gletschers stürzt, wo er bald wiederum einen neuen Gletscher-Tisch bildet.

Aehnliches scheint hier in der Wüste der Fall zu sein. Der liegende Felsblock schützt den unter ihm liegenden Sand gegen die heftige Einwirkung des über die œde Flæche freigehenden Windes. So entstehen æhnliche Felstische und fallen, wenn der aus Sand gebildete Boden endlich weicht (freilich in weit grœssern Zeitræumen als es auf dem Gletscher der Fall ist), auf die obere Flæche der Wüste zurück, wo sich dann derselbe Prozess widerholen kann. — Andere derartige Felstische der Wüste stehen auf steinigen Basis, welche vom Sande oft weicher werden, als der den Tisch bildende Block selbst, und von seltenen Regenstrœmen an den Rændern abgerieben wird, bis die Basis zu schwach ist, und den auf ihr ladenden Druck des Felsens nicht mehr tragen kann, oder bis dieser nach einer Seite hin das Uebergewicht bekœmmt und herabstürzt.

en voyons aussi dans les régions plus élevées, au cirque de la Strahleck, etc. La hauteur de la base qui les supporte atteint souvent plusieurs mètres. — L'effet qu'ils produisent est très-pittoresque.

En règle générale, c'est du côté du Midi (Sud) que le piédestal (le support de glace) est le plus entamé, et c'est aussi dans cette direction qu'il tombe ou qu'il *table*.

Nous disons tel ou tel *bloc table*, lorsqu'il se produit généralement à sa base des socles desquels il tombe. Cette dénomination d'expression, de blocs qui tablent, a pour nos observations glaciaires une grande importance. Un certain nombre de blocs de grandes dimensions, parmi lesquels il s'en trouve de très-gros, de vrais monstres en fait de blocs, comme le **Bloc Hugi** et le n° 12, qui est encore plus gros, sont numérotés et compris dans le réseau de triangulation, et servent de signaux pour observer la marche, la progression du glacier. — Lorsque ces blocs se mettent à tabler, à quitter leur emplacement normal, il y a perturbation dans le relevé, il faut en marquer de nouveaux ou tenir compte de leur locomotion. Non-seulement les blocs-signaux se mettent à tabler, mais quelquefois ils prennent de telles mauvaises habitudes, qu'ils tablent dans les régions où ils sont engloutis dans des crevasses béantes, surtout ceux près de rive gauche, comme le bloc monstre n° 12, que nous avons vu sur un piédestal de 4 mètres de hauteur et plus, et qui en tablant a glissé non au Sud, comme c'est leur habitude, mais au Nord, et a disparu dans une crevasse d'escarpement.

Les blocs qui se trouvent souvent à une grande distance de leur emplacement normal par suite d'avoir tablé, je les désigne par *Blocs sporadiques*.[1]

En résumé, la marche des blocs-tables est anormale; elle est irrégulière et ne coïncide pas avec la marche normale du glacier. Il y a d'une part le mouvement général du glacier qui le porte d'amont en aval, d'autre part le mouvement du bloc propre à chacune de ses chutes; il se trouvera ainsi successivement transporté sur un point qui sera la résultante de ces deux forces. Ce point peut varier à l'infini. Ainsi, supposons un glacier dont la marche sera dans la direction du Nord au Sud, comme le glacier d'Aletsch et le glacier de Viesch, par exemple. — Un bloc tablant sur la surface de ce glacier arrivera plus vite au terme de sa course que les autres matériaux qui

DA. [1] Voyez *Blocs sporadiques*, paragraphe suivant.

ne tablent pas, parce que les blocs tombant généralement du côté du Sud, l'espace parcouru par le bloc à chacune de ses chutes s'ajoutera à l'espace parcouru par le glacier lui-même. Par contre, si le glacier marche dans la direction du Sud au Nord comme le glacier de Corbassière dans la vallée de Bagnes, le glacier des Bois, le glacier d'Argentières, les blocs tablants arriveront plus tard au talus terminal que la masse des autres matériaux, leur chute dans la direction du Sud retardera leur arrivée.

Troisième exemple. Supposons un glacier marchant dans le sens de l'Est à l'Ouest, comme le glacier de Gorner, le glacier de Giétrotz : les blocs tablant par suite de leurs chutes successives seront peu à peu portés sur la rive gauche.

Quatrième exemple. Un glacier marchant de l'Ouest à l'Est, glacier de l'Aar par exemple, les blocs-tables auront une tendance à se porter sur la rive droite.

Ainsi, comme nous venons de le dire, c'est de la résultante de deux forces qu'il faut tenir compte dans la marche de ces blocs.

Leur mouvement étant compliqué, c'est donc commettre une haute imprudence que de prendre un de ces blocs pour point de répère ou point de mire trigonométrique pour mesurer la marche d'un glacier.

Il ne faut pas s'étonner non plus de trouver dans le terrain occupé par d'anciens glaciers des blocs erratiques dont la position paraît énigmatique; ils ont sans doute été mis dans de telles positions par suite du mouvement que nous venons d'expliquer.

Blocs sporadiques. DA. 11. **Blocs sporadiques** (J).[1]

Fragments volumineux qui, après avoir tablé (quitté le piédestal qui les supportait comme tables des glaciers), se trouvent à une certaine distance de leur emplacement normal (voyez *Tables des glaciers*, DA. 7, et *Moraines médianes*, DA. 3).

La distance que les *blocs qui tablent* peuvent parcourir est souvent très-grande; dans certaines régions ils peuvent par ces escapades s'éloigner beaucoup de leur emplacement normal et même revenir sur leurs pas. Souvent une large crevasse béante les engloutit; mais, si elle n'est pas profonde et éloignée des rives, il sera de nouveau mis à flot par suite d'ablation de la surface ambiante et continuera à faire des courses en zig-zag.

[1] DA. « *Sporadique* se dit des genres et des familles de plantes dont les espèces sont éparses dans diverses régions du globe » (*Dictionnaire national de* Bescherelle aîné).

Cette locomotion irrégulière, désordonnée, doit être prise en grande considération par les glacialistes qui étudient les glaciers en activité, surtout par ceux (et ce sont les plus nombreux) qui s'occupent du terrain erratique que nous trouvons à de grandes distances des glaciers actuels. Ils verront de certains blocs sporadiques occuper des places où leur présence est difficile à expliquer, qui se trouvent en compagnie d'autres blocs ou matériaux dont la provenance est parfaitement reconnue : on sait d'où ils viennent; mais les sporadiques, ces déserteurs des rangs, d'où viennent-ils? Question fort difficile à résoudre; on leur appliquera la dénomination de sporadiques, c'est-à-dire on ne sait d'où ils viennent.[1]

Sur le glacier inférieur de l'Aar on peut suivre sur un très-long parcours les bandes de ses différents affluents, qui souvent ne sont indiqués que par des traînées de sable ou menus matériaux, quelquefois par des blocs assez volumineux qui tous sont de même provenance, absolument de la même roche souvent très-caractéristique. Parmi ces blocs on en voit qui sont de toute autre espèce, qui étonnent par leur présence et appartiennent à un autre affluent; ce sont des sporadiques, des blocs qui, après avoir tablé, se reposent tranquillement sur la surface du glacier; peut-être plus tard, dans les régions en aval, ils recommenceront leurs escapades.

Sur le glaciar de l'Aar les blocs tablent (comme nous l'avons dit) généralement dans la direction transversale et tombent du côté du Sud; lorsque ce côté est en pente, le terrain qu'ils parcourent en tombant est souvent de 5 à 10 mètres, et sur les fortes pentes beaucoup plus grand. Sans prendre leur chute sur le fait, on voit la distance parcourue par des piédestaux de glace qu'ils ont quittés et qui se maintiennent à une certaine élévation pendant quelque temps.

Dans la localité en aval de l'Abschwung de l'ancien **Bloc Agassiz** (ex-hôtel des Neuchâtelois) j'ai vu en 1862 un assez grand nombre de ces blocs sporadiques, éloignés de 200 mètres et plus de la moraine médiane de rive droite. — Dans cette localité, le glacier ne représente pas une surface horizontale dans le sens transversal de la moraine; au Midi il a une pente de 2 à 5 degrés du Nord au Sud; les blocs en tablant tombent malgré cette pente au Sud, et cela ne doit nullement étonner : en tombant du piédestal, qui a ordinairement

DA. [1] La dénomination de sporadique a été inventée par l'ami **E. Collomb** pour désigner ces blocs : on ne sait d'où ils viennent.

plus d'un mètre de hauteur, ils tombent sur une surface plus basse.

Nous n'avons parlé que des blocs sporadiques d'un certain volume; nous devons aussi mentionner les roches moins volumineuses, le gneiss schisteux par exemple, qui se trouvent en grand nombre sous forme de dalles. Lorsqu'elles ont peu d'épaisseur elles ne tablent pas, mais lorsqu'elles ont une épaisseur de $0^m,50$ et plus, elles se trouvent dans d'excellentes conditions pour tabler.

Au glacier inférieur de l'Aar, après avoir passé sur la nappe de blocs, on arrive dans la région de la moraine éparpillée, localité où les tables de glaciers sont très-nombreuses. L'ablation à cette altitude est très-active; chaque bloc essaie pour ainsi dire de tabler, et ceux qui réussissent sont nombreux. Des amas de sable arrivent à cônes graveleux; d'autres ne dépassent pas en volume les taupinières : c'est un vrai champ de manœuvre et de gymnastique où chaque roche essaie sa force tablante.

Moraines latérales.

DA. 12. **Moraines latérales** (K).[1]

Matériaux sur le dos du glacier, rapprochés des rives d'encaissement.

Les roches qui se détachent des parois découvertes qui encaissent les glaciers tombent sur leur surface à des distances variables de la rive.

Les rives couvertes de glace, de nevé ou de neige depuis leur base jusqu'à la crête, ne fournissent des matériaux que lorsque des parties se trouvent à découvert par ablation.

Les roches qui se détachent isolément ou sous forme d'avalanches occuperont sur la surface du glacier une position plus ou moins éloignée des rives et se maintiendront comme moraine latérale d'autant plus de temps qu'elles en seront plus distancées.

Dans les glaciers simples, ceux qui n'ont pas d'affluents, ces matériaux disparaissent de la surface par suite d'ablation latérale et surtout par l'extension transversale du glacier; ils resteront en place sur la roche et deviendront *moraines riveraines*, ou bien seront empâtés entre les parois de glace et de roche, et prennent rang de *moraine profonde riveraine*.

Dans les glaciers composés de plusieurs affluents, les moraines

DA. [1] Pour ne pas augmenter le nombre des espèces de moraines, je n'ai pas signalé les *Moraines latérales profondes*, ni les *Moraines par obstacle* par un paragraphe distinct.

latérales qui ont persisté et qui se sont maintenues sur la surface, ainsi que les matériaux empâtés entre roche et glacier (moraine latérale profonde), sont les éléments de la *moraine médiane* et des *bandes*.

Les moraines latérales du glacier de Miage sont un des plus beaux exemples qui existent dans les Alpes. Le glacier de Miage descend de la cime du Mont-Blanc (4810^{m}); sur son revers méridional il parcourt d'abord une distance de 3800^{m} à forte pente, à partir de la cime jusqu'au point où existe un étranglement de rochers où sa largeur est réduite à 1200^{m}. De ce point la glace est à très-forte pente sur une longueur de 2800^{m}, puis le glacier quitte sa direction primitive N-S pour s'infléchir presque à angle droit dans la direction de l'Est et s'allonger dans le val de l'Allée-Blanche avec une pente très-faible; la longueur de cette dernière section est encore de 2800^{m}; la longueur totale depuis le sommet du Mont-Blanc jusqu'au talus terminal est donc de 9400^{m}; la pente moyenne de ce glacier est une des plus fortes, elle est de 0^{o},30 à 0^{o},32.

Les moraines latérales ne deviennent visibles et proéminentes à la surface que du point où le glacier se coude et pénètre dans l'Allée-Blanche. Le massif du Mont-Blanc étant exclusivement composé de protogine et de schistes cristallins, les matériaux des moraines ne contiennent pas d'autres roches. La moraine latérale droite est surtout remarquable par la forme qu'elle présente d'un immense rempart de 2800^{m} de longueur qui barre d'abord la vallée, vient butter contre la rive opposée et la suit jusqu'au talus frontal. Cette moraine, en traversant la vallée de part en part, empêche en partie les eaux supérieures provenant du glacier de l'Allée-Blanche et du col de la Seigne de s'écouler librement; elle donne naissance au lac du Combal. Ce lac a environ 700^{m} de longueur et 500^{m} de largeur; il est peu profond, les bords en sont marécageux; néanmoins si le glacier, par sa progression, venait à boucher complétement son issue contre le pied du Mont-Favre, qui fait face au Mont-Blanc, il en résulterait de graves avaries dans l'Allée-Blanche; on pourrait craindre dans cette vallée une débâcle pareille à celle qui eut lieu en Valais par suite de la progression du glacier de Giétroz.

La moraine latérale gauche de ce glacier est beaucoup moins puissante que la moraine latérale droite dont nous venons de parler; les matériaux rocheux y sont beaucoup moins abondants. Ce fait s'explique si l'on prend en considération la nature géologique de cette partie du

revers Sud du Mont-Blanc; la rive gauche du glacier est encaissée par une roche de protogine, pure; compacte, qui se délite difficilement et ne se laisse pas facilement entamer par le glacier, tandis que sur sa rive droite il est encaissé par une roche que M. Alp. Favre a classée dans les schistes cristallins, beaucoup plus fissurée et divisible en fragments polyédriques que celle de la rive opposée.[1]

Moraines riveraines. DA. 13. **Moraines riveraines** (L).

Matériaux déposés sur les rives par suite du mouvement transversal et d'ablation du glacier.

Les matériaux qui tombent sur la surface du glacier se trouvent, par suite du mouvement (progression) transversal et de l'ablation, de plus en plus rapprochés des bords et restent en place lorsque le glacier, par suite de l'ablation de l'été, n'est plus en contact avec eux; mais par suite de progression, surtout pendant la saison de neige et de froid, ces matériaux pourront être atteints; ils seront entraînés et rentreront dans la catégorie des *moraines latérales profondes*, et surgiront dans les glaciers composés sous forme de *moraine médiane* ou *bandes*, et augmenteront le volume de toutes les espèces de moraines signalées.

Moraines terminales. DA. 14. **Moraines terminales** (M).

Débris sur la surface de glace de pente terminale (talus terminal, frontal).

J'appelle *Moraine terminale* les matériaux qui se trouvent sur les talus de glace de la pente terminale et qui sont encore en contact avec le glacier. Lorsqu'ils touchent le sol et restent en place sans plus être en contact avec la glace, ils deviennent *Moraine frontale*.

Sur les parois terminales du glacier de l'Unter-Aar nous voyons des fragments de roches isolés et empâtés dans le glacier surgir à la surface par suite d'ablation. Ces matériaux se trouvent dans l'intérieur du glacier à toutes les profondeurs, de dimensions et de volumes très-variés, depuis le grain de sable le plus petit jusqu'à volume de blocs. La présence de ces matériaux ne doit nullement étonner; les crevasses engloutissent les matériaux qui tombent dans leurs cavités intérieures, fort souvent à une grande profondeur; un grand nombre de ces prisonniers n'y restent que temporairement et sont remis au jour par ablation; d'autres ne jouissant pas de la même faveur, ils

DA. [1] Cette citation des moraines latérales du glacier de Miage m'a été transmise par l'ami **E. Collomb**.

sont condamnés à perpétuité, et dès leur apparition à la lumière ils roulent sur le talus et meurent.

DA. 15. **Moraines frontales** (N).[1] Moraines frontales.

Blocs et fragments de roches en aval sur le sol de la pente terminale du glacier.

Les matériaux qui couvrent les glaciers finissent tous, les uns par atteindre la pente terminale et donnent lieu à la *moraine frontale*, d'autres restent en place sur les rives d'encaissement et forment des *moraines latérales*, et d'autres encore sont engloutis et forment *moraine profonde*.

Par la progression du glacier les moraines frontales seront enterrées par le glacier, qui passe dessus comme un rouleau compresseur. Le glacier diminuant par suite de fortes ablations, elles resteront temporairement en place sous forme de digues ou de remparts, le plus souvent pendant l'arrière-saison de l'été; puis elles seront atteintes de nouveau et enterrées ou poussées en avant.

Ces remparts ou digues (moraines frontales) que nous voyons à de certaines distances échelonnés dans les vallées en aval des glaciers actuels (glaciers en activité), sont des preuves d'une plus grande extension des glaciers; — souvent ces digues échelonnées sont à une petite distance de la pente terminale.

Les gens du pays vous disent : Il me souvient parfaitement qu'en 1838, par exemple au glacier supérieur du Grindelwald, le glacier a déposé les blocs monstres qui couvrent le rempart de moraine qui se trouve en 1862 en ligne droite éloigné de 100 mètres et plus de la pente terminale du glacier; aujourd'hui le glacier se retire, il diminue. — Certes il avance moins dans la vallée en 1862 qu'il n'avait avancé en 1838, la preuve est positive; mais est-ce une raison pour croire que le glacier reste immobile, qu'il se repose, ne progresse plus, puisque depuis 1838 la masse de glace diminue à la pente terminale? Je répondrai : Cette diminution est locale à sa pente terminale; des preuves positives établissent que la masse générale progresse en volume dans les régions plus élevées, et si de certains glaciers diminuent à leur pente terminale (semblent diminuer), l'explication en est facile :

Les matériaux qui couvrent la surface du glacier (moraines de toutes

DA. [1] *Moraines frontales*, en allemand *Gletscherschutt*. — Voyez *Glaciers en activité* par de Charpentier, paragraphes *Moraines frontales* et *Phénomènes erratiques*, si bien décrits par cet observateur.

espèces) finissent par atteindre le talus terminal, et lorsqu'ils forment nappe, ils protègent la surface qui les supporte d'une forte ablation. Les neiges temporaires qui couvrent les glaciers et qui souvent, par suite de fortes chutes et par des étés froids, se maintiennent longtemps sur les parois terminales mêmes, protègent de même les surfaces couvertes contre toute ablation. — La chaleur et les rayons solaires auront peu ou point d'action pour fondre la masse, et le glacier progressera et envahira la vallée. — Le glacier inférieur de l'Aar se trouve dans ces circonstances. Sa pente terminale est couverte d'une nappe de matériaux sur toute sa largeur, qui s'étend sur une grande longueur en amont; l'ablation par ces circonstances est faible, et toutes les années nous trouvons sa pente terminale plus en aval; il progresse approximativement de 10 mètres par an, et des observations positives nous disent que cette progression, par les journées d'été les plus chaudes, est moins forte, sans doute, que lorsqu'une protection de neige la met à l'abri de toute fusion, mais qu'elle est très-sensible pour des observations journalières faites à la pente extrême.

Les glaciers qui ont peu ou point de matériaux (moraines) sur leur dos, subiront de fortes ablations (fusions de la surface), surtout dans les étés chauds. Cette ablation est très-forte aux parois du glacier supérieur du Grindelwald depuis un certain nombre d'années, et on peut prédire qu'elle continuera, parce que nous voyons sur la mer de glace en amont peu de matériaux sur sa surface. Mais s'il survient un éboulement considérable de roches, éboulement que nous pouvons qualifier hors ligne (monstrueux)[1], il couvrira la surface du glacier, et lorsque cette moraine qui formera nappe arrive à pente terminale, ce qui ne peut manquer, les matériaux protègeront de l'ablation et le glacier progressera, envahira la vallée et rejoindra la digue et les blocs restés en place en 1838; elle pourra même la dépasser.

Les blocs monstres et la grande quantité de matériaux restés en place en 1838 prouvent qu'avant cette époque la surface du glacier portait cette accumulation sur son dos.

J'ai cité le glacier supérieur du Grindelwald comme glacier qui diminue à la pente terminale, et celui de l'Aar inférieur qui continue à progresser; celui du Rhône se maintient dans les limites qui va-

DA. [1] Éboulement monstrueux (*Bergsturz*), comme celui de Goldau, qui a comblé en grande partie le lac de Lauertz (du canton de Schwiz) — celui des Diablerets (dans le canton de Vaud) et grand nombre d'autres.

rient fort peu; on dit alors que le glacier reste stationnaire (bien entendu à sa pente terminale).[1]

DA. 16. **Moraines profondes** (O). Moraines profondes.

Matériaux enterrés sous le glacier.

Les gros blocs, les débris de roches qui tombent par suite d'ablation sur le sol en aval de la pente terminale forment la moraine frontale, qui se maintiendra en place pendant tout le temps que la fusion de la glace, qui est en contact avec elle, sera plus forte que la progression, c'est-à-dire que le glacier diminue. Si la progression est plus considérable que l'ablation, les matériaux, à mesure qu'ils tombent, s'éparpillent et le glacier passe par-dessus et les enterre.

On comprend parfaitement que de menus matériaux soient ainsi enterrés, mais on est en droit de demander : Et les gros blocs, les blocs monstres, eux aussi sont-ils enterrés? L'observation positive nous met à même de répondre par un oui incontestable.

Au glacier inférieur de l'Aar, un certain très-gros bloc, bloc monstre n° 18 de la triangulation, se trouvait en 1842 approximativement à 80 mètres en amont de l'extrémité du talus terminal (paroi terminale abrupte) ; d'année en année il s'est plus rapproché du talus, et en 1848 il a fini par tomber sur le sol. Dans la même année nous l'avons vu à 10 mètres approximativement en aval de la moraine terminale. En 1849 ce bloc se trouvait à deux mètres en aval de la moraine, sans avoir bougé de sa place; mais sa base était comblée de débris et la surface qui dépassait le niveau du sol n'était plus que d'un mètre. En 1850 il était définitivement enterré, et nous ne l'avons plus vu depuis[2]. D'autres blocs de grande dimension, que nous avons vus dans les mêmes circonstances ont subi le même sort : ils sont enterrés.

Les matériaux qui composent la moraine frontale et qui tombent de la surface du glacier sont généralement tous anguleux, à arêtes vives a très-peu d'exceptions près[3]. Ceux qui sortent par la voûte du glacier et entrainés par les eaux, sont plus ou moins émoussés et ronds. La moraine profonde sera par conséquent composée de matériaux anguleux et ronds, mêlés ou superposés les uns aux autres.

DA. [1] Voyez *Progression, mouvements des glaciers*, qui complète ce paragraphe, auquel nous avons donné peu de développement.

DA. [2] Voyez *Progression du glacier de l'Aar*.

DA. [3] Je dis : A arêtes vives à très-peu d'exceptions près. De certains matériaux qui se trouvent à la surface des glaciers peuvent être remaniés par les eaux sur la surface du glacier même et seront arrondis. Voyez *Moraines en activité remaniées par les eaux*.

Un trou de trois mètres de profondeur, fait dans l'Aar-Boden sur rive gauche, a pleinement confirmé ces observations; nous avons trouvé du sable, de la boue de glacier, des galets, des blocs ronds, des fragments émoussés et des roches à arêtes vives. C'est la moraine profonde de l'ancienne extension des glaciers.

Les glacialistes, géologues et naturalistes en général qui étudient spécialement le terrain erratique, non pour prouver le déluge, mais pour démontrer l'ancienne extension des glaciers, voudront, s'il vous plaît, prendre en grande considération les *moraines profondes*, et se rappeler que ces mêmes moraines profondes ne se trouvent pas uniquement dans le bas des vallées, mais sur les plateaux très-élevés, et que fort souvent ces moraines profondes, qui avaient une épaisseur énorme du temps des glaciers monstres, par suite d'érosion par l'eau, ont été entamées, creusées, enlevées en partie, et qu'il ne reste de leur ancienne existence souvent fort peu de matériaux, *qu'il ne faut pas confondre avec les moraines latérales.*

Moraines intérieures.

DA. 17. **Moraines intérieures** (P).

Matériaux qui tombent accidentellement dans des crevasses du glacier et s'y maintiennent.

La glace de glacier en apparence la plus pure renferme toujours des parcelles de sable. Des blocs de glace, détachés à diverses profondeurs et la glace retirée des trous de sonde à de grandes profondeurs, contiennent tous des parcelles de roches. — Ces parcelles de très-petite dimension sont ordinairement des grains de sable très-petits, cependant on en trouve du poids de quelques grammes. A la pente terminale, et généralement dans les parois de glace des crevasses, nous voyons des matériaux empâtés dans la glace qui arrivent à la surface par l'ablation; parmi ces matériaux il y en a d'un gros volume.

Les parcelles de sable très-fin dans l'intérieur du glacier, à toutes les profondeurs, proviennent en grande partie de leur infiltration à travers les fissures capillaires, qui souvent sont assez ouvertes pour permettre cette introduction. Des matériaux de toutes dimensions tombent dans des crevasses; une partie est remise à flot par ablation, d'autres restent en prison lorsque la crevasse se referme; d'autres tombent dans des puits ou moulins et se trouvent à une grande profondeur et ne reviennent au jour qu'à la pente terminale.

Boue de glacier.

DA. 18. **Boue de glacier** (couche de boue) (Q).

Roches réduites à l'état de poudre fine, de limon, par le frottement des surfaces de glace contre les parois et le fond qui les encaissent.

M. Agassiz nous dit [1] : « On sait que le polissage n'est pas produit directement par la glace, mais qu'il existe entre elle et le sol une couche de dépôt de matières meubles plus ou moins triturées, que j'ai appelée la *couche de boue*. — *Cette couche est l'émeri au moyen duquel le glacier use et polit les roches sur lesquelles il passe.* En général cet émeri est d'autant plus fin qu'on le prend plus près de l'extrémité du glacier ; souvent même il est réduit à un véritable limon dont les propriétés varient suivant la nature de la roche. La roche des rives est-elle du granite, ce limon est blanc et incohérent comme au glacier du Rhône ; lorsque c'est du gneiss comme au glacier de l'Aar, il prend une teinte plus foncée et un aspect plus vaseux ; enfin il devient tout-à-fait terreux lorsque le glacier se trouve dans une vallée calcaire, comme celle de Rosenlaui. Il entoure alors les débris des moraines qui sont comme incrustés de boue toutes les fois qu'ils n'ont pas été lavés par un torrent [2]. C'est ce limon qui donne à l'eau des glaciers la teinte laiteuse qui les caractérise. »

Alluvions, *Lehm*, *Læss*, sont synonimes de boue de glacier. Je dirai plus : La plus grande partie de la terre (que nous appelons terre cultivable) n'est autre chose que de la boue de glacier. Ce sont des roches réduites à l'état de poudre par l'action des glaciers.

(De certaines roches sont décomposées et très-divisées par les agents atmosphériques. Les torrents qui charrient les matériaux les divisent, les triturent même ; mais ces actions ne produisent pas cette quantité énorme de terre cultivable qui couvre le sol. [3])

Les glaciers en activité et leurs ancêtres sont les auteurs de la terre qui couvre le sol et que nous cultivons. [4]

DA. [1] *Nouvelles études, etc.*, p. 574.

A. [2] Ce caractère est très-important pour l'étude des anciennes moraines, des blocs erratiques isolés, et généralement pour tout le terrain erratique, en ce qu'il exclut d'entrée toute idée de courants ; car si les blocs erratiques qui en sont incrustés avaient été transportés par l'eau, celle-ci aurait commencé par les laver et l'on trouverait les blocs parfaitement propres comme dans le lit des torrents. Or, il n'est pas sans importance de faire remarquer que cette *boue glaciaire* se retrouve partout où les dépôts morainiques sont intacts. **M. Collomb** l'a reconnue dans les anciennes moraines des Vosges et j'ai pu me convaincre, en visitant ces localités sous sa direction, qu'elle a absolument le même aspect qu'à l'extrémité de nos glaciers actuels.

DA. [3] Voyez *Matériaux charriés par les torrents qui sortent des glaciers.*

DA. [4] Cette thèse, je la soutiens, j'en prends toute la responsabilité. — (Suppositions, hypothèses erronées, conclusions forgées par *MM. les glacialistes*, théories plus que hasardées, inadmissibles, nullement confirmées par la science professée. —) Il n'est que trop vrai : La boue de glaciers ne fait pas partie du programme de l'enseignement : Physique du globe.... Je suis assez osé de dire que l'auteur de la terre que nous cultivons,

Moraines en activité remaniées par les eaux sur les glaciers.

DA. 19. **Moraines en activité remaniées par les eaux sur les glaciers** (R).

Matériaux peu volumineux remaniés par les eaux qui coulent sous forme de ruisseau à la surface du glacier, par suite de fortes fontes, surtout au printemps.

Si nous parcourons par une belle journée d'été les glaciers de l'Aar depuis la ligne transversale du Pavillon au Grünberg jusqu'au cirque de la Strahleck, nous voyons des filets d'eau nombreux sillonner la surface du glacier; nous voyons de petits ruisseaux, mais nous voyons aussi des ruisseaux d'une certaine importance, surtout sur les deux rives de la moraine médiane. Nous voyons de plus sur les bords de ces ruisseaux du sable en assez grande quantité et des galets arrondis absolument pareils à ceux que nous trouvons à une certaine distance en aval du glacier sur le sol.

Comme les événements hors ligne du printemps ne durent que quelques jours, il est très-rare que les glacialistes soient témoins de ce qui se passe à cette époque, et sous ce rapport, force est de s'en rapporter à des guides intelligents.

Hans Jaun, mon guide en chef, chargé des observations météorologiques et glaciaires, a passé l'hiver 1845-1846 à l'hospice du Grimsel. Outre les lectures météorologiques tri-horaires, il se rendait deux ou trois fois par mois sur le glacier de l'Aar inférieur, jusqu'à l'ancien emplacement de l'hôtel des Neuchâtelois, près de l'**Abschwung**, pour mesurer avec son camarade, le domestique de l'hospice, la progression du glacier sur divers points. Il nous narrera le résultat d'une course qu'il a faite, fin d'avril 1846, au glacier; donnons lui la parole:

« Fin d'avril la neige qui couvrait le sol des environs de l'hospice
« du Grimsel, par suite de belles journées chaudes et le soleil aidant,
« a commencé à se fondre et on voyait des ruisseaux d'eau nombreux
« se frayer un passage à travers les neiges qui couvrent les roches et
« se jeter dans le lac. Le Fœhn (vent du Midi très-chaud) avait soufflé

c'est le glacier, et que ce même auteur, qui aujourd'hui est infiniment moins puissant, confirme ce que j'avance, — et il doit être entendu; il ne forge pas de théories, et ce que nous en savons, c'est lui-même (le glacier en activité) qui nous l'a dit : Il n'en fait pas mystère et répond à toutes les demandes qu'on lui adresse. Le glacier parle toutes les langues; — cependant je dois prévenir que les salles d'attente pour les réponses ne sont ni parquetées, ni chauffées, et que le télégraphe électrique ne transmet pas les réponses dans les cabinets d'étude.... aux savants..... pas même aux hommes de génie, dont les théories sont temporaires.....

« chaud toute la nuit, et le matin de bonne heure je dis à mon cama-« rade : *Giovanni* [1], en route pour le glacier, nous allons voir jouer les « grandes eaux ; tu verras, c'est superbe. — Nous nous acheminons : « on enfonçait dans la neige jusqu'aux genoux ; cette neige était com-« posée de très-gros grains, comme celle qui couvre les hautes régions « en été. Arrivés dans l'Aar-Boden, près des huttes en aval du glacier, « nous voyons un spectacle magnifique : c'était vraiment superbe. Un « vrai torrent tombait en cascade dans l'Aar-Boden. Du milieu de la « pente terminale sous le glacier c'était une nappe d'eau d'une seule « venue. Sur rive gauche et rive droite du glacier de grands ruisseaux « coulaient sur la pente. Dans la partie inférieure du glacier on ne « voyait point sortir d'eau, ni par la voûte ordinaire. En cheminant « sur la moraine médiane, dont les plus gros blocs sortaient à décou-« vert de la neige, nous avons vu des deux côtés de la moraine non « pas des ruisseaux, mais de véritables torrents couler et entraîner la « neige et des pierres : c'était une véritable débâcle. Vous comprendrez ai-« sément maintenant la présence du sable, des galets et même des blocs « arrondis sur la surface du glacier, surtout dans certaines localités.

« Je suis retourné au glacier le 15 mai. L'eau sortait à la partie « inférieure du glacier sur divers points ; la grande cascade n'existait « plus et l'eau de la surface disparaissait dans les crevasses, dans les mou-« lins et les puits. Les ruisseaux des deux côtés de la moraine médiane « étaient plus forts qu'en été, mais c'étaient de simples ruisseaux. »

Dans l'été nous voyons le fond des plus forts ruisseaux tapissé de matériaux épars, le plus grand nombre est anguleux à arêtes vives, et ces matériaux ne sont pas en mouvement. L'explication est facile : ces cours d'eau sont trop faibles pour les déranger, mais au printemps les circonstances changent ; non-seulement la fonte est forte, mais les fissures capillaires du glacier sont fermées par le froid de l'hiver et n'absorbent pas les premières eaux.

DA. 20. **Matériaux en place sur le sol remaniés par les eaux.** Matériaux déposés par le glacier, qui sont atteints et remaniés par les eaux.

Matériaux en place sur le sol remaniés par les eaux.

Comme développement de ce paragraphe, voyez les paragraphes nombreux des *Phénomènes erratiques*, T. III de nos *Matériaux pour l'étude des glaciers*, et ceux des *Glaciers en activité*, par divers observateurs, dans le premier et le quatrième volume.

[1] *Giovanni Cabassi* (Piémontais), au service de l'hospice, qui passait l'hiver au Grimsel.

MATÉRIAUX

POUR

L'ÉTUDE DES GLACIERS.

CREVASSES.

DA. 1. **Crevasses.**[1] Crevasses.

Fentes — lézardes — déchirures — fissures qui sillonnent les glaciers : les unes larges et béantes, les autres étroites ou capillaires.

Tous les glaciers ont des crevasses.

Les neiges et nevés qui couvrent temporairement les glaciers et ceux qui sont sur roche en place sont crevassés.

La fréquence, la forme, les dispositions, les directions et la persistance des crevasses varient à l'infini dans les divers glaciers, et même dans les diverses parties et altitudes d'un seul et même glacier.

La surface du glacier est sous l'influence du sol qui lui sert de base et des roches en place qui l'encadrent. Elle est de plus influencée par les cavités dans l'intérieur et au fond des glaciers : des masses partielles s'affaisseront; d'autres se soulèveront.

De certaines crevasses sont provoquées par une tension intérieure. Dans l'inégalité de la température et la lubréfaction des différentes assises, les crevasses sont rarement permanentes : elles sont en gé-

DA [1] En allemand : *Gletscher-Schründe, Spalten, Klüfte.*

néral temporaires. — Les fissures, les déchirures s'ouvrent, grandissent, deviennent béantes; se rétrécissent, se referment, disparaissent.

Les crevasses sont généralement évasées dans la partie supérieure et se rétrécissent dans le bas du glacier. — Elles sont rarement verticales; un grand nombre sont plus ou moins inclinées. — Rarement elles traversent le glacier dans toute sa largeur. — Elles ne pénètrent généralement que jusqu'à une certaine profondeur, et très-exceptionnellement elles traversent la masse de part en part: lorsque cet accident se présente, il peut servir à déterminer approximativement l'épaisseur du glacier. — A en juger par la profondeur des puits qui sont intimement liés aux crevasses médianes, on peut conclure qu'il y a des crevasses dont la profondeur va jusqu'à 260 mètres.[1]

Les crevasses sont à sec; exceptionnellement on en voit qui sont complétement ou partiellement remplies d'eau, souvent temporairement: l'eau trouvant une issue, la crevasse est mise à sec. Le niveau de l'eau qu'elle contient dépend de l'affluence de l'eau de la surface qui l'alimente. — Leur fond est quelquefois parsemé de matériaux qui y sont tombés; d'autres complétement remplies. — De gros blocs sur leurs bords, ou soutenus par les deux parois de la crevasse, produisent un effet très-pittoresque; puis tombant dans l'intérieur, ils restent en suspension entre les deux lèvres.

Circonstances qui produisent les variétés des crevasses. Accidents du terrain.

DA. 2. **La variété des crevasses** *dépend — est produite — influencée par les circonstances suivantes :*

Accidents du terrain du fond qui supporte le glacier : inclinaison, pente régulière, irrégulière et configuration des rives qui l'encaissent.

Marche.

Marche (mouvement, progression) régulière, normale, progressive, ralentissante, irrégulière, générale, locale, particlle. — Les glaciers nous disent (on ne saurait assez le répéter), que leur progression en longueur, largeur et hauteur est essentiellement en raison de leur volume local et soumis néanmoins à la masse générale. On voit combien les allures des glaciers peuvent être irrégulières et occasionner des perturbations à la surface, et même à de grandes profondeurs.

Localité.

Localité. Certaines parties du glacier sont abritées des rayons solaires et à l'ombre toute l'année, d'autres le sont temporairement;

DA. [1] Puits de 260 mètres de profondeur, mesuré par **M. Agassiz** sur le glacier inférieur de l'Aar.

enfin il y en a qui, dans les journées sereines, reçoivent les rayons solaires toute l'année.

Altitudes[1]. Les altitudes ont une très-grande influence sur les crevasses. Au-dessus de la limite des neiges temporaires (persistantes), les glaciers sont adhérents au sol, gelés solidement aux roches qui les encaissent généralement dans toutes les saisons. Cette partie du glacier en contact avec le sol reste immobile, fixe; les parties supérieures ont un mouvement progressif dans tous les sens, et ce mouvement est généralement plus accéléré dans la partie supérieure. Au-dessous de la limite des neiges et nevés temporaires (persistants), les glaciers ne sont généralement pas adhérents au sol dans leur ensemble. Dans les saisons froides ils peuvent être adhérents partiellement, surtout aux bords, aux pentes terminales, ou bien dans les endroits fortement crevassés où le glacier a peu d'épaisseur. — Par des alternatives de grands froids et de chaleurs, surtout en arrière-saison ou au printemps, ou par suite de vents chauds ou froids, des parties du glacier seront adhérentes et libres alternativement. Altitudes.

Ablation. La fonte de surface varie dans les différentes localités, principalement sur les rives et à la pente terminale. Les parois (lèvres) des crevasses subiront des ablations diverses, s'ouvriront de plus en plus ou conserveront leur forme. — Les rayons solaires, en traversant la glace compacte et transparente des parties supérieures d'une crevasse, suivant la forme de glace qu'ils parcourent, peuvent être concentrés comme ils le seraient en traversant une lentille en verre ou un vase d'une certaine forme rempli d'eau; au foyer des rayons solaires la fonte sera très-forte et influencera la forme des crevasses. — Le cas peut même se présenter où de l'eau, qui est toujours transparente sur le glacier, occupe une anfractuosité d'une certaine forme, qui fait aussi l'office d'une lentille. Ablation.

Les rayons solaires réfléchis par des parois de roches qui se trouvent sur le glacier, ou par celles qui l'encaissent, ont une très-forte action sur les bords des crevasses.

Les filets d'eau qui sillonnent les glaciers par suite de la fonte de la surface (l'ablation) se jettent dans des crevasses, les élargissent, changent leur forme. L'érosion sera plus marquante lorsque le filet d'eau prend les dimensions d'un ruisseau et qu'il charrie du sable et au-

DA. [1] Des observations positives et nombreuses nous autorisent à citer ces influences d'altitude.

tres menus débris, ce qui est souvent le cas. Souvent l'inverse a lieu ; des filets d'eau très-faibles, surtout en hautes régions, touchant les parois des crevasses, s'y congèlent et tendent à les fermer et les ferment souvent complétement. Dans les régions plus basses, le même effet se produit au commencement de l'hiver et au printemps dans de certaines circonstances météorologiques.

Protection contre l'ablation.

DA. 3. **Protection contre l'ablation.** Les neiges ou nevés qui couvrent temporairement les glaciers protègent leur surface de toute ablation pendant tout le temps que cette couverture persiste. Souvent ces nevés ont une très-grande épaisseur, surtout dans les altitudes où il tombe le maximum de neige pendant l'année, ou bien dans les localités où la neige s'accumule par le vent ou par des chutes d'avalanches. Le froid de l'air ambiant (les basses températures) se propage à travers les matières gelées, nos observations nous le disent ; mais lorsque leur épaisseur est grande, la température de la surface de la neige ou du nevé sera infiniment plus basse que celle qui couvre le glacier à son point de contact [1]. Ces différences de températures contribueront à former des crevasses dans ces neiges, crevasses qui correspondent souvent avec celles du glacier qui subira une certaine influence. Lorsque les neiges compactes couvrent les crevasses du glacier, l'influence sera différente.

Sous les roches et matériaux erratiques en activité sur le glacier (les moraines) l'ablation de la surface des glaciers est plus faible que dans les parties découvertes.

Les parties du glacier couvertes, protégées, et celles libres, exposées à l'air ambiant, ont une influence différente sur les crevasses.

Formation des crevasses.

DA. 4. **Formation des crevasses.**

Toutes circonstances météorologiques — topographiques — orographiques (altitudes) égales d'ailleurs :

Influence du fond.

Il ne s'ouvrira pas de crevasses nouvelles dans les régions où la marche, le mouvement, la progression est régulière, uniforme, normale ; celles qui existent se maintiendront temporairement et pourront même être persistantes.

La glace se contracte par le froid, ainsi que les autres solides ; sa densité augmente, une longueur donnée se raccourcit d'autant plus

DA. [1] Par suite de changements de température, après des séries de journées très-froides suivies de journées chaudes, les couches inférieures seront à des températures plus basses que la surface.

que la température de la glace est plus basse. — Il résulte des expériences de **M. Bramer fils**[1] que le coefficient de contraction linéaire de la glace pour un degré centigrade est en moyenne de 0,0000375 ou $^1/_{26700}$. — Cette contraction par le froid et la dilatation par l'élévation de température doit avoir une influence sur la formation des crevasses et sur celles existantes. — Par des observations faites il y a quelques années en hiver sur des surfaces de glace de rivière de $0^m,10$ d'épaisseur et de 3 mètres de longueur, j'ai trouvé que, par une température de — 10° qu'indiquait un thermomètre fixé dans la glace, elles étaient de 1 millimètre approximativement par mètre de longueur plus courtes qu'à la température de zéro.

Les crevasses sont très-rares dans les glaciers dont le fond est à pentes faibles et le terrain uni, non accidenté et l'encaissement régulier. — Ceux à fortes pentes régulières en présentent de même fort peu.

Les crevasses sont nombreuses lorsque le fond et les encaissements sont irréguliers. Arrivée au maximum de déchirures, la partie supérieure du glacier sera dentelée.[2]

Influence de la marche.

Lorsque le glacier prend un mouvement accéléré (mouvement local normal), les fissures, déchirures s'ouvriront, s'agrandiront. — Par un ralentissement (normal) elles se resserreront, elles seront moins béantes et tendront à se refermer ou seront anéanties. — L'influence de la marche (progression) du glacier sur les crevasses s'explique parfaitement par nos nombreuses observations faites sur le glacier inférieur de l'Aar.[3]

Nous savons que depuis le point fixe, roche en place à l'*Abschwung*, jusqu'à la ligne transversale de l'ancien hôtel des Neuchâtelois (glacier inférieur de l'Aar), sur une longueur approximative de 1000 mètres, le glacier va en progressant. Nous voyons les matériaux de la moraine médiane se desserrer, l'espace d'un bloc à l'autre s'allonger. Une étendue de moraine située à 300 mètres en amont, et qui a une longueur de 95 mètres, aura une longueur de 100 mètres à son passage à la ligne transversale; cette dilatation, progression accélérée mais pour la localité très-normale), ouvrira les déchirures et les cre-

DA. [1] Voyez *Auteurs*, T. I, p. 23.

DA. [2] Voyez paragraphe *Aiguilles des glaciers*.

DA. [3] Observations de **MM. Agassiz** et **Desor** pendant leurs séjours à l'hôtel des Neuchatelois jusqu'en 1846, et les nôtres jusqu'en 1862.

vasses. Plus en aval, la progression va en se ralentissant, les matériaux morainiques se resserreront, cette même longueur de 100 mètres n'aura plus que 98 mètres, les parois des crevasses se rapprocheront. — Si la marche est régulière, moraines et crevasses éprouveront peu de changements.

La plupart des crevasses, à moins qu'elles ne naissent tout près du terme des glaciers (pente terminale) se referment après avoir été béantes quelque temps et qu'elles se trouvent par la progression du glacier plus en aval. Fort souvent ces mêmes crevasses se reproduisent dans la même localité que leurs prédécesseurs, et nous les voyons quelques années plus tard dans la même ligne transversale où nous avions observé celles qui se sont fermées en aval, et c'est fort souvent ce qui arrive aussi à celles qui leur succèdent.

Influence des encaissements.

DA. 5. **Influence des encaissements.** Si toutes les crevasses qui se forment en regard d'un promontoire ou sur une surface très-accidentée restaient ouvertes, les rives des glaciers seraient tellement déchirées et disloquées, qu'on ne pourrait nulle part les aborder. Au lieu de cela, nous voyons souvent des espaces très-crevassés : témoin la rive gauche du glacier inférieur de l'Aar au-dessous du promontoire du Mieselen, et surtout au pied du Rothhorn, à la base du Pavillon. Dans ce dernier endroit, les crevasses se referment, même sur l'espace de moins de 100 mètres qui sépare les deux faisceaux au pied du Pavillon, d'où il faut conclure que celles-ci correspondant au second promontoire, ne proviennent pas du premier faisceau, mais sont de nouvelles déchirures. Ce qui le prouve, c'est que dans les deux faisceaux les crevasses sont orientées dans le même sens (obliquement d'aval en amont, qui est la direction que les crevasses doivent avoir au moment de leur formation), tandis que celles qui étaient d'ancienne date ne pourraient plus avoir cette direction à leur extrémité interne au lieu d'être en amont, et devraient être fléchies en aval par suite du mouvement propre du glacier.

Nous choisirons encore un exemple pris au glacier du Rhône pour démontrer que les crevasses se forment sur un point et se referment sur un autre.

Dans sa partie moyenne, ce glacier marche sur un plan presque horizontal, à 1946 mètres altitude; il est alors fort peu crevassé, d'un accès très-facile; puis, arrive la grande chute que tous les voyageurs alpins connaissent : sur ce point, qui est à forte pente, la masse se divise en une multitude de polyèdres séparés par des crevasses de

toutes formes et de toutes dimensions; cependant, dans le nombre, on peut distinguer deux directions prédominantes, l'une transversale, l'autre longitudinale. Dans la saison chaude, quand l'action du soleil a suffisamment élargi les lèvres béantes de ces crevasses, elles se transforment en pyramides inaccessibles même aux chamois. Puis, après cette grande chute, le glacier vient s'étendre dans le fond de la vallée, à l'altitude de 1753 mètres, sur un terrain de cailloux roulés, de moraine profonde presque horizontale; les crevasses produites par l'escarpement disparaissent, elles se referment, se soudent pour faire place à une surface se rapprochant de l'horizontale, mais qui n'est pas complétement dépourvue de crevasses: leur forme est alors nouvelle, elles sont normales à la courbe décrite par la pente terminale, et pas assez profondes pour donner naissance à des aiguilles.

La marche du glacier étant continue, incessante, et les crevasses se formant toujours sur les mêmes points, soit un escarpement, un promontoire ou un accident de fond, il en résulte qu'elles sont constamment renouvelées par l'apport des glaces supérieures, comme les figures décrites par le remou d'une rivière en aval des piles d'un pont qui s'observent toujours au même endroit, pendant que la masse d'eau s'y renouvelle à chaque instant.

Formation et anéantissement des crevasses à la base du Rothhorn (glacier inférieur de l'Aar).

M. Agassiz dit[1] : « La planche IV, qui comprend le faisceau supérieur des crevasses à la base du Rothhorn, m'a permis de suivre en « quelque sorte pas à pas les modifications qui s'opèrent. Chaque crevasse ayant été rigoureusement mesurée et représentée dans ses « dimensions vraies relativement à l'échelle, je n'ai eu qu'à comparer « ce relevé avec l'état de la surface pendant les années suivantes pour « m'en rendre compte. On jugera de ces changements survenus en « quatre ans en comparant avec la planche le croquis Pl. VIII, f. 10, « qui représente la disposition des crevasses en 1846. La partie la plus « bouleversée se trouve encore ici en face du promontoire; mais ce « ne sont plus les mêmes crevasses qu'en 1842 : elles ont d'autres « formes et d'autres dimensions. Ainsi, celles qui avoisinent le sommet de l'éperon sont plus petites et plus nombreuses; celles qui font « face au petit lac sont aussi en plus grand nombre, et la grande crevasse comprise entre les points VI et VII a complétement disparu. « Ceci n'empêche pas que le déchirement ne soit occasionné par un « obstacle permanent : le rocher qui donne lieu à de nouvelles cre-

[1] *Études sur les glaciers*, 1847, p. 431.

« vasses à mesure que les anciennes se referment, et comme l'obstacle « est invariable, il en résulte que les crevasses qu'il engendre se « trouvent toujours à la même place. »

Lorsque le glacier, après avoir franchi un obstacle, un précipice ou un promontoire, reprend sa marche normale sur un fond de vallée peu accidenté et à faible pente, les crevasses se ferment, elles disparaissent, non-seulement parce que la glace des glaciers est une masse plastique, mais encore par la propriété qu'elle possède et qui a été mise récemment en lumière par **M. le professeur Tyndall**, *de se souder à elle-même* à la température de zéro degré, de s'agglomérer de nouveau avec la plus grande facilité, après avoir été séparée en fragments jusqu'à un certain point, comme pourrait le faire une masse d'argile humectée et préparée par un artiste pour la moulure.

On est en général enclin à s'exagérer la mobilité des glaciers sous le rapport des crevasses. Il peut sans doute arriver que telle région qui, cette année, était très-praticable, soit l'année prochaine d'un accès plus difficile, parce que les crevasses auront augmenté, ou parce qu'elles se seront agrandies; mais ces changements ne dépassent pas certaines limites et n'altèrent pas la physionomie générale d'un glacier.

En hiver les crevasses sont couvertes de neiges et de nevés.

En hiver toutes les crevasses sont généralement couvertes de neiges ou de nevés; leur présence ne se manifeste pas à la surface; au printemps par la fonte elles sont successivement mises à découvert et apparaissent à mesure que leurs couvertures se fondent. — Cette disparition des neiges et nevés qui couvrent temporairement les glaciers se fait successivement et progressivement depuis la pente terminale jusqu'à de grandes altitudes par le retour des saisons chaudes.[1]

En été les chutes de neiges fraîches les couvrent temporairement, partiellement ou complétement selon les dimensions.

Locomotion sur les glaciers.

DA. 6. **Locomotion sur les glaciers.** On chemine très-facilement sur les glaciers à faible pente et peu crevassés. Sur ceux où les crevasses sont nombreuses on enjambe ou bien on saute celles à faibles ouvertures; on contourne les béantes et dans les ascensions on les passe dans certains cas sur une échelle ou en s'aidant de cordes.

On ne saurait assez signaler aux voyageurs, et même à de certains guides, les dangers que présentent les crevasses couvertes de neiges ou de nevés, et surtout celles couvertes partiellement ou complétement de neiges fraîchement tombées. — Les crevasses qui se trouvent

DA. [1] Voyez chapitres *Ablation*.

dans ces conditions, je les désigne sous la dénomination (significative, et certes que trop vraie) de :

DA. 7. **Tombeaux des glaciers.** Tombeaux des glaciers.

De Saussure faillit périr dans de semblables circonstances.

Meuron de Neuchâtel a péri en 1821 dans une crevasse de 39^{m} de profondeur sur le glacier de l'Eiger.

Bürstenbinder de Berlin a péri dans une crevasse du glacier de l'Œtzthal (Tyrol).

Davouasson (guide de Chamounix), a disparu en 1836 dans une crevasse du glacier de Talèfre; heureusement il a pu remonter au jour.

Bohren (Christian), aubergiste de Grindelwald, tombé dans une crevasse de 118^{m} de profondeur, a pu suivre l'excavation souterraine par laquelle des eaux se jettent dans le glacier et est remonté au jour.

Brunner (maître d'hôtel des bains de Rosenlaui), sur le plateau de nevé qui couvre le glacier à la base du Tosenhorn, tombe à travers la neige fraîche qui couvrait une crevasse; heureusement il a pu regagner la surface. — L'ami **Desor**, son compagnon de voyage, le croyait perdu.

Trois touristes non accompagnés de guides, dans l'intention de passer le glacier de Gries (Valais), tombent dans des crevasses couvertes de neiges fraîches et sont encore ensevelis dans le glacier depuis quelques années.

Deux Valaisans tentent l'ascension au Galenstock, tombent dans des crevasses couvertes de neiges fraîches et périssent.

Un ingénieur au corps des mines français, visitant il y a quelques années les Pyrénées, voulut tenter l'ascension au glacier de la Maladetta, alors peu connu et peu exploré; ce glacier est fortement incliné et traversé par de nombreuses crevasses. Il avait pris pour guide un nommé *Barrault* de Bagnères-de-Luchon. En traversant le glacier, le pied manque au guide, il tombe au fond d'une crevasse; l'ingénieur était complétement dépourvu de moyens de sauvetage : ni cordes, ni haches; il court éperdu à Luchon pour demander du secours, mais quand on arrive sur le bord de la crevasse avec tous les moyens nécessaires, le malheureux *Barrault* avait cessé de vivre.

Un grand nombre de **touristes** sont partis pour explorer les hautes régions des Alpes..... Ils ne sont pas revenus.

Dans les régions où le glacier est couvert de neiges ou de nevés temporaires, les changements de surface d'une année à l'autre présentent souvent des difficultés très-grandes et locales

Pendant nos séjours au Pavillon de l'Aar, de 1844 à 1862, nous faisions presque toutes les années l'ascension au col du Lauter-Aar. — Dans certaines années, fin août, le glacier du Lauter-Aar est couvert de nevé jusqu'à l'Abschwung, ainsi que la branche du Finster-Aar. — Il fallait user de toutes les précautions : attaché à la corde, on faisait des marches et contre-marches.[1]

De toutes les époques, de mémoire des guides, des chasseurs de chamois, des vieillards de l'Oberland-Bernois (et de nos propres observations de 1844 à 1861), l'année 1861 était une année où les nevés temporaires qui couvrent les glaciers en très-hautes régions avaient complétement disparu de la surface des rochers et des glaciers. Il en était de même en 1862.

Indices des crevasses couvertes de neige.

Il est rare qu'on ne reconnaisse pas les traces des anciennes crevasses alors même qu'elles sont parfaitement fermées par des nevés anciens. — Le sable et divers autres matériaux que le vent a accumulés dans leur intérieur pendant qu'elles étaient ouvertes et restées sur la surface, à mesure que la fonte a lieu, il en résulte des lignes foncées au moyen desquelles on peut suivre les déplacements successifs qu'elles ont subi. Ces zones ou lignes de sable ressemblent à s'y méprendre à des affleurements de couches.

Il est encore un autre indice des anciennes crevasses, surtout de celles qui sont fermées par la neige fraîche : la surface n'est pas plane; on voit un petit bord aux lèvres supérieures.[2]

Classification des crevasses en 1862.

DA. 8. **Classification des crevasses en 1862.***

A. **Crevasses transversales médianes.**

Sont transversales au milieu du glacier et se forment spontanément, en général avec détonation.

B. **Crevasses transversales latérales.**

Ne se trouvent que sur les côtés des glaciers et sont transversales.

DA. [1] Des précautions en hautes régions, je le répète, *on ne saurait assez en prendre*, et j'ajoute : Rappelons-nous les tombeaux des glaciers et la neige ventée.

DA. [2] Ces indices ne suffisent pas pour préserver d'accidents. Attaché à la corde et sonder avec l'*Alpenstock* : voilà le moyen pratique.

DA. * Classification par **Agassiz** en 1844 :

Crevasses marginales — Crevasses en zig-zag — Crevasses médianes — Crevasses d'escarpement — Crevasses longitudinales — Caveaux — Rimayes — Puits — Moulins — Cavités intérieures — Baignoires — Trous méridiens. — Trous d'orgue — Lacs — Ravines.

A. *Quer-Spalten.*

B. *Rand-Spalten.*

C. **Crevasses longitudinales.**

Longitudinales sur le glacier sous forme de fissures peu ouvertes; à la pente terminale peu encaissée elles sont plus ouvertes.

D. **Crevasses arquées.**

Courbées en arc (en cintre).

E. **Crevasses zig-zaguées.**

Celles dont la suite des lignes forment entre elles des angles alternativement saillants et rentrants.

F. **Crevasses chaotiques.**

Correspondent aux endroits les plus abruptes, accidentés, donnent naissance aux dentelures et aiguilles; cloisons, murs mitoyens qui séparent une multitude de larges crevasses et qui se présentent sous formes dentelées et comme des aiguilles.

G. **Crevasses sporadiques.***

Crevasses isolées, éparses dans des localités du glacier où on ne s'attend pas à trouver des crevasses.

H. **Caveaux.**

Grandes et larges cavernes évasées dans le bas; généralement dans les hautes régions, dans les neiges et nevés; exceptionnellement dans les régions moyennes du glacier découvert.

I. **Tombeaux des glaciers.**

Je désigne sous ce nom les caveaux quand ils sont couverts de neige, de nevé ou de glace.

K. **Rimayes.**

Ce sont les crevasses primordiales qui se trouvent à l'origine des pentes de neiges, de nevés ou de glaces.

L. **Crevasses riveraines.**

Ouvertures — vides — espaces entre roche en place et glacier.

C. *Længe-Spalten.*
D. *Bogen-Spalten.*
E. *Zickzack-Spalten.*
F. *Gletscher-Pyramiden, Nadeln.*
G. *Seltene Schründe.*
DA. * *Sporadique* se dit des genres et des familles dont les espèces sont éparses dans diverses régions du globe. (*Dictionnaire de* Bescherelle).
H. *Gletscher-Hæhlen.*
I. *Gletscher-Græber.*
K. *Bergschründe.*
L. *Seiten-Klüfte.*

M. **Cavernes sous-glaciaires.**

Cavités sous le glacier, à la pente terminale ou aux bords de ceux à faible pente.

N. **Ravines des glaciers.**

Excavations peu profondes et longues qui ressemblent à des vallées d'érosion ; d'autres sous formes de ruisseaux.

O. **Falaises des glaciers.**

Certaines coupures dans les glaciers presque verticales, semblables à des falaises dont la hauteur est assez considérable ; se voient principalement sur moraines médianes et aux pentes terminales.

P. **Baignoires.**

Trous sous une forme irrégulière sur le glacier et remplis d'eau.

Q. **Trous méridiens.**

Trous demi-circulaires remplis d'eau, d'une forme caractéristique, ayant leur arc tourné au Nord et la corde de l'arc au Sud.

R. **Lac des glaciers.**

Amas d'eau d'une certaine étendue sur les rives des glaciers ; accidentellement sur le glacier.

S. **Trous d'orgue.**

Trous cylindriques d'un petit diamètre et peu de profondeur, vides ou remplis d'eau.

T. **Moulins.**

Ruisseaux qui, dans le parcours à la surface du glacier, rencontrent des crevasses et les creusent en formes tortueuses.

U. **Puits.**

Trous circulaires ou elliptiques d'une grande profondeur et à parois généralement verticales auxquels viennent aboutir des ruisseaux et filets d'eau.

M. *Gletscherboden-Hœhlen.*
N. *Gletscher-Furchen.*
O. *Gletscher-Schilder.*
P. *Gletscher-Bæder.*
Q. *Mittags-Bæder.*

M. Agassiz les désigne en allemand par *Keller-Lœcher*, dénomination qui rappelle le nom du naturaliste *Keller*, qui a signalé le premier leur configuration caractéristique et constante.

R. *Gletscher-Seen.*
S. *Orgel-Lœcher.*
T. *Gletscher-Mühlen.*
U. *Gletscher-Brunnen.*

V. **Cavités intérieures.**

Caveaux — déchirures — crevasses dans l'intérieur du glacier et qui font quelquefois suite aux puits.

W. **Voûte du glacier.**

Voûte à la pente terminale des glaciers par laquelle sort le torrent.

X. **Ruisseaux sur les glaciers.**

Ruisseaux qui coulent en été par le beau temps sur la surface des glaciers.

DA. 9. **Crevasses transversales médianes** (A). Crevasses transversales médianes.

Longues fissures étroites et profondes, transversales à l'axe du glacier dans les régions moyennes et supérieures des glaciers à faible pente, et qui s'étendent ordinairement sur de grands espaces. Ces fissures profondes et étroites s'élargissent fort souvent partiellement, surtout près des rives du glacier.

Au glacier de l'Aar (Unter-Aar), les plus caractéristiques se trouvent en aval de l'Abschwung, localité de l'emplacement de l'ex-hôtel des Neuchâtelois, des deux côtés de la moraine médiane; mais il n'en existe que de faibles traces dans les régions plus escarpées du glacier, par exemple près de son extrémité.

Dans les glaciers composés, le glacier inférieur de l'Aar par exemple, il est rare que ces crevasses, quelque longues et continuelles qu'elles paraissent, traversent le glacier d'une rive à l'autre; le plus souvent elles sont limitées à un seul affluent: c'est une confirmation qu'au milieu du lit commun chaque affluent conserve encore des traces de son individualité.

Lorsqu'elles se prolongent jusqu'au bord, elles sont plus ou moins arquées.

Nos observations positives et nombreuses nous disent que la marche du glacier va en se ralentissant du milieu au bord[1]; les crevasses subiront ces variations et formeront une ligne arquée comme des perches fixées dans la glace, alignées transversalement, que nous voyons au bout d'un certain temps former une ligne courbe et se présenter sous forme d'un arc. Les perches du milieu resteront alignées sur une Influence par la marche du glacier.

V *Innere Spalten.*
W. *Gletscher-Thor.*
X. *Gletscher-Bäche.*
DA **Règle générale.** — Cependant, dans certaines parties des glaciers, mais assez rarement, l'inverse est observé. — Voyez chapitre *Progression des glaciers.*

certaine étendue, les autres se trouveront de plus en plus en amont de la ligne primitive.

Les crevasses médianes qui s'étendent transversalement du milieu du glacier au bord conserveront tout leur caractère sur une certaine étendue, puis s'approchant des rives, elles prennent le type des *crevasses transversales latérales* et des *crevasses en zig-zag*.

Formation des crevasses transversales médianes.

Les crevasses transversales médianes se forment ordinairement spontanément avec accompagnement de bruits qui ressemblent assez aux détonation d'armes à feu.

M. Hugi, et plus tard **M. Agassiz**, dans les comptes-rendus de leurs observations au glacier de l'Aar, citent des formations de crevasses qu'ils ont pris sur le fait. — Souvent, fort souvent, nous avons nous-même entendu ces détonations et vu des fentes nouvellement formées (desquelles sortaient des bulles d'air et de l'eau), que l'on trouve quelques jours plus tard partiellement larges de plusieurs centimètres.

M. Agassiz nous dit :[1]

« J'ai eu le bonheur d'assister plusieurs fois à la formation de *cre-*
« *vasses médianes*. — Le 5 août 1842 j'ai été témoin du phénomène le
« plus curieux que j'aie observé depuis que je visite les glaciers. A
« quatre heures et demie du soir mes ouvriers étaient au forage, lors-
« que le glacier commence à craquer sous leurs pieds et à dégager
« une grande quantité de bulles d'air. J'étais à une grande distance de
« ce point, cependant je fus surpris des mouvements étranges que
« j'apercevais dans la troupe : de temps en temps je les voyais fuir
« précipitamment dans toutes les directions. — A six heures l'un d'eux
« courut à moi et me pria d'aller voir ce qui se passait; il m'annonça
« quelque chose d'extraordinaire et d'inexplicable. A sa figure défaite
« et à la pâleur de ses camarades, je vis en arrivant sur les lieux que
« la frayeur s'était emparée de tout le monde.

« Je remarquai d'abord une grande quantité de bulles d'air qui se
« faisaient jour à travers deux petites fentes larges à peine de 3 milli-
« mètres. Deux autres fentes de 5 à 10 millimètres s'étaient ouvertes
« en ligne droite sur une longueur approximative de 100 mètres à
« travers le glacier et engloutissaient tous les filets d'eau qui venaient
« de plus haut. Au bout de quelques minutes j'entends moi-même à
« peu de distance un craquement semblable à des détonations simul-

[1] *Études sur les glaciers*, 1847, p. 370.

« tanées d'armes à feu, comme dans les feux de peloton accompagnés « de coups isolés. J'accourus sur le bruit, qui se répéta bientôt sous « mes pieds avec des commotions semblables à celles d'un tremble- « ment de terre : le sol semblait se déplacer et s'écrouler sous mes « pieds avec un bruit différent des détonations qui avaient précédé et « semblable à celui d'un éboulement de rochers, sans qu'on pût ce- « pendant remarquer un affaissement sensible de la surface; le gla- « cier tremblait réellement, car un bloc de granite de 1^{m} de diamètre, « perché sur un piédestal de 0^{m},60 de haut, s'abattit brusquement. « Au même instant je vis la crevasse s'ouvrir entre mes jambes et se « prolonger rapidement *à travers* le glacier en ligne droite, faisant de « temps en temps des écarts de 8 à 10 centimètres lorsqu'elle rencon- « trait d'autres crevasses, et se prolongeant ensuite de nouveau en « ligne droite. De grandes bulles d'air affleuraient à la surface sur « tous les points où la fente était dans l'eau. Je vis ainsi trois crevasses « se former en une heure et demie et j'en entendis plusieurs autres « s'ouvrir à peu de distance de moi. Mes hommes n'osaient rester en « place, tant les commotions étaient brusques; mais quatre de mes « compagnons d'étude demeurèrent sur les lieux pour observer ces « faits avec moi. A sept heures et demie le nombre des crevasses « nouvelles que je pus distinguer était de huit, sur un espace de 125 « pas : l'une d'elles avait partagé le piédestal d'une table de glacier « sans le renverser; trois autres se prolongeaient sous la moraine « médiane et une d'entre elles la traversait même entièrement. A sept « heures le trou de sonde, qui avait 42^{m},10 de profondeur sur 16 cen- « timètres de diamètre, et qui était plein d'eau, se vida complète- « ment en quelques minutes, ce qui prouve que ces crevasses, quoi- « que très-étroites, pénètrent à de grandes profondeurs. A huit heures « et demie les secousses continuaient encore; pendant la nuit nous « en ressentîmes même deux sous notre tente. Le lendemain je re- « marquai encore plusieurs autres crevasses nouvelles qui s'étaient « formées plus bas pendant la nuit, mais je n'en distinguais toujours « que huit sur l'espace où je les avais vues se former. La journée « avait été très-chaude, 14° c; jamais je n'avais remarqué tant d'eau « à la surface du glacier que ce jour-là. — Un fait curieux, c'est que « les crevasses se succèdent de haut en bas, en suivant la pente du « glacier. Aujourd'hui je compte douze crevasses sur l'étendue où je « n'en avais compté que huit le cinq, sans que nous ayons ressenti de « nouvelles commotions; je suppose dès lors que les fentes que je n'ai

« pas aperçues d'abord ne sont devenues visibles que parce qu'elles « se sont élargies. La plus grande de ces nouvelles crevasses a main- « tenant 4 centimètres de large; toutes les autres se sont également « un peu agrandies, mais aucune d'elles ne s'est allongée. Je doute « que l'on puisse attribuer la formation des crevasses du centre du « glacier aux mêmes causes qui produisent les larges crevasses obli- « ques des bords : je serai plutôt disposé à croire qu'elles sont dues à « la tension inégale de la masse résultant de l'infiltration et de la « congélation d'une plus grande quantité d'eau sur certains points du « glacier.

« Il est possible aussi que les secousses du forage n'étaient pas étran- « gères à la formation des crevasses. Ce qui me confirme dans cette « supposition, c'est l'observation suivante faite en 1845 par **M. Desor.** « Se trouvant un jour du mois de septembre au milieu de la moraine « près de l'hôtel des Neuchâtelois pour y enfoncer une grande et forte « poutre destinée aux observations de l'hiver, et ayant dû employer à « cette fin le plus grand des perçoirs qui m'avait servi en 1842, il « entendit tout-à-coup, pendant que les ouvriers foraient, une forte « détonation à côté de lui; les pierres de la moraine s'ébranlèrent et « glissèrent les unes sur les autres. En ayant cherché la cause, il dé- « couvrit à côté du perçoir, à l'endroit où les pierres avaient subi les « déplacements les plus sensibles, une fissure de quelques centimètres « de largeur qui ne se bornait pas seulement à la moraine, mais « s'étendait également à travers une partie considérable du glacier « du Finster-Aar. J'ai aussi souvent entendu des crevasses se former « spontanément, surtout pendant la nuit, et j'ai cru remarquer que « c'était ordinairement à la suite de beaux jours. D'abord très-étroites, « elles s'écartent graduellement; mais généralement elles sont plus « larges à la surface qu'au fond, de manière qu'elles représentent une « cavité conique, dont l'ouverture est près de la surface. Cette cir- « constance, comme l'a démontré **M. Forbes**, est due en grande « partie à l'action du soleil qui, en frappant les parois de la glace, « agrandit la cavité aussi loin que ses rayons pénètrent. Aussi re- « marque-t-on que le côté exposé au soleil est toujours le plus excavé. »

Crevasses transversales latérales.

DA. 10. **Crevasses transversales latérales** (B).

Limitées aux régions riveraines, elles ne s'étendent qu'à une petite distance du bord.

Elles sont intimement liées aux formes et aux accidents du rivage.

Elles sont surtout groupées en nombre considérable autour des promontoires qui font saillie dans la vallée.

Au glacier inférieur de l'Aar (Unter-Aar-Gletscher) un premier groupe de cette espèce se voit au pied du *Mieselen*, près du point fixe n° III, sur la rive gauche. — Un second, sur la rive droite, au pied de l'*Escherhorn*; mais le plus remarquable est à la base du promontoire du *Pavillon*, qui s'avance comme un éperon dans le glacier. Les crevasses apparaissent subitement du moment qu'elles se trouvent en face des promontoires. Souvent la partie qui les précède est très-unie; puis en aval les crevasses se resserrent, se referment et la surface du glacier redevient unie. — Une pareille distribution ne laisse aucun doute sur l'origine des crevasses transversales latérales.[1] Influence de l'encaissement.

Ces crevasses sont d'abord étroites, mais elles s'élargissent rapidement, deviennent très-béantes, surtout lorsque le glacier est à forte pente. Elles ont généralement leur plus grande longueur près de la surface et se rétrécissent vers le bas. En passant sur le terrain accidenté et très en pente, la partie supérieure des crevasses a un parcours beaucoup plus long à faire que les parties inférieures; les parois du haut seront moins entraînées par la marche de toute la masse que celles du bas; les fissures et les crevasses deviendront plus béantes; mais dès que l'obstacle est passé, les crevasses se referment.

L'action des rayons solaires est très-forte sur les parois de ces crevasses, et sous cette influence elles s'ouvrent considérablement, surtout dans la partie supérieure. — Des portions de glace disloquée se détachent des parois et la crevasse sera plus ouverte. Action des rayons solaires.

La glace des glaciers, à la température de zéro (glace fondante) est *très-plastique*[2], et de voir les crevasses se refermer lorsque l'obstacle qui a donné lieu à leur formation est passé, ne doit étonner personne : c'est tout naturel, il ne peut même pas en être autrement. Plasticité de la glace.

DA. 11. **Crevasses longitudinales** (C). Crevasses longitudinales.

Longues fissures étroites, parallèles entre elles, toutes dans la direction de l'axe de la vallée.

Dans les glaciers encaissés, tels que le glacier inférieur de l'Aar, et au-dessus des régions où la moraine s'éparpille, ces fissures très-nombreuses ne s'ouvrent que très-rarement et partiellement seule-

DA. [1] Quand ces crevasses transversales latérales donnent naissance à des dentelures et à des aiguilles, nous leur donnons la dénomination de *Crevasses chaotiques*.

DA [2] Voyez paragraphe *Plasticité de la glace*.

ment, mais une fois ouvertes, elles ont beaucoup de chances de se maintenir, surtout si le glacier entre dans une localité plus ouverte, d'un encaissement plus large.

Des naturalistes non physiciens (le persévérant glacialiste **Hugi**) ont attribué à l'évaporation une action hors ligne, une disparition de surfaces de matières gelées énormes. Nos observations nous disent que, par suite de certaines circonstances météorologiques, la glace s'évapore, mais que cette évaporation est faible.

Ces fissures longitudinales ne sont nullement des crevasses transversales fléchies sous l'influence du mouvement inégal du glacier; ce sont des déchirures formées dans la direction même où nous les voyons, c'est-à-dire parallèlement à l'axe du glacier.

Influence du sol. Dans un glacier qui peut s'étendre librement comme le glacier du Rhône et celui de l'Ober-Aar, ces fissures, déchirures, changeront d'aspect et de forme, s'ouvriront partiellement et donneront lieu à des crevasses plus ou moins larges.

M. Agassiz donne l'explication de ces crevasses et dit : « Je sup-« pose qu'un glacier, le glacier du Rhône par exemple, après avoir « été encaissé dans un lit étroit, entre dans une vallée large et à fond « plat. Comme il aura beaucoup de marge, il commencera par s'étaler « dans les élargissements qui lui sont ouverts. Une tension sera « nécessairement produite dans toute la masse par ce *déversement** « latéral, et l'on peut prévoir que les crevasses auxquelles elle don-« nera lieu seront perpendiculaires à cette tension, c'est-à-dire lon-« gitudinales. C'est en effet ce qui aurait lieu si le glacier ne subissait « d'autre déplacement que ce déversement latéral, mais il ne continue « pas moins sa marche d'amont en aval, d'après les mêmes lois qui « régissent sa progression dans les régions supérieures, c'est-à-dire « que le centre avance plus que les bords **. Cela étant, il est évident

DA. * *Déverser*, pencher, incliner, n'être pas d'aplomb, se gauchir. Un mur qui déverse.

Devers, qui n'est pas d'aplomb, qui penche.

(*Dictionnaire national* par Bescherelle aîné; 1858.)

DA. ** En règle générale, la marche au milieu est plus accélérée qu'au bord. La configuration du sol (le bassin) qui encadre ou supporte le glacier peut se trouver exceptionnellement telle, que la hauteur du glacier, de sol à surface, sera plus forte sur un certain parcours, et ce volume local plus fort pourra se trouver non au milieu du glacier, mais rapproché plus ou moins des bords. Nous savons (les glaciers nous le disent) que leur progression est locale et générale, qu'elle est en raison du volume et qu'elle se manifeste en longueur, largeur et hauteur dans la masse.

« que les régions du bord subiront la double influence du développe-
« ment et du ralentissement latéral; les crevasses, s'il vient à s'en
« former, seront par conséquent perpendiculaires à la résultante de
« ces deux tensions, c'est-à-dire à la direction des couches; celles-ci
« étant concentriques, les crevasses rayonneront, c'est-à-dire qu'elles
« formeront un éventail, comme c'est effectivement le cas des crevasses
« du glacier du Rhône.

« Le milieu du glacier, par cela même qu'il est en dehors des zones
« des retards et que sa vitesse est sensiblement la même sur une
« grande partie de sa longueur, ne subit qu'une tension régulière, et
« c'est pour cela que toutes les fissures qui s'ouvrent seront des cre-
« vasses longitudinales jusqu'à la cascade. »

DA. 12. **Crevasses arquées** (D). Crevasses arquées

Courbées en arc, en cintre.

Une crevasse transversale d'une certaine étendue en ligne droite, perpendiculaire à l'axe de la vallée, subira des variations par la progression du glacier, qui est généralement plus grande au milieu que sur les bords; les parties plus rapprochées des rives se trouveront plus en amont que celles du milieu et formeront une courbe, une ligne arquée.

En alignant des perches en travers du glacier d'une rive à l'autre (ou bien en observant des blocs qui reposent sur sa surface), nous voyons au bout de peu de jours cette ligne prendre la courbe d'un arc peu tendu; au bout d'un certain temps la ligne se présentera sous la forme d'un arc plus tendu.

En règle générale une crevasse ou fissure transversale est sous l'influence de la progression du glacier, et l'extrémité la plus éloignée de son axe (plus rapprochée du bord) se trouvera en amont.

DA. 13. **Crevasses zig-zaguées** (E). Crevasses zig-zaguées

Celles dont la suite des lignes forme entre elles des angles alternativement saillants et rentrants.

Toutes les crevasses ou fissures d'une certaine étendue peuvent prendre la forme irrégulière, type zig-zag. On se rend facilement compte de cette disposition par toutes les causes précédemment citées.

M. Tyndall cite des observations [illegible] [illegible] nellement le milieu du glacier [illegible]

Crevasses chaotiques.

DA. 14. **Crevasses chaotiques** (F).

Correspondent aux endroits les plus inclinés, les plus abruptes et accidentés, et donnent naissance aux *dentelures* et *aiguilles*.

La présence des aiguilles dans un glacier indique toujours un fond très-inégal sur une pente escarpée. — Leurs formes hardies et leur reflet brillant les font apercevoir de fort loin, et l'on ne peut s'empêcher d'un sentiment d'étonnement et d'admiration lorsqu'on les découvre la première fois à l'horizon.

Ces aiguilles de glace (de glacier) ne sont autre chose que les cloisons qui séparent une multitude de larges crevasses, ou pour ainsi dire les murs mitoyens rompus et disloqués par la dilatation et le tassement, et ensuite entamés, rongés et façonnés de la manière la plus bizarre par l'action du soleil, de la pluie, de l'air et des vents chauds, par l'évaporation ou la condensation, etc.

L'inclinaison seule, quelque forte qu'elle soit, n'est pas susceptible de donner lieu à des aiguilles aussi longtemps que le fond du glacier est uni; elle ne détermine que des crevasses plus ou moins béantes.

Nous voyons plusieurs affluents du glacier inférieur de l'Aar qui ont de très-fortes pentes dont la surface n'offre pas moins un niveau très-uniforme; d'autres, dont l'inclinaison est bien moins forte, présenter au contraire des aiguilles très-variées, témoin le glacier supérieur du Grindelwald et un grand nombre d'autres.

Lorsque le fond de la vallée est raboteux et l'inclinaison faible, les crevasses se confondent et la surface du glacier prend un aspect plus ou moins chaotique, mais il en résulte rarement des aiguilles.

Aiguilles, dentelures des glaciers.

Les aiguilles, dentelures, sont en général d'autant plus hardies qu'elles sont plus rapprochées de l'extrémité des glaciers. — C'est ici en particulier qu'elles affectent ces formes bizarres dans lesquelles l'imagination des voyageurs se plaît à reconnaître toutes sortes de figures et de costumes. — Tout le monde a admiré sous ce rapport les aiguilles du glacier des Bossons et de la mer de glace au-dessus du Montanvert. Celles du glacier de Zermatt, quoique très-hardies, sont plus uniformes. — Les glaciers de l'Aar, le grand glacier de Zmutt, le glacier d'Aletsch et beaucoup d'autres, ne présentent point d'aiguilles dans tous leurs cours; d'autres dont le parcours est très-escarpé en sont hérissés dans presque toute leur longueur. Le glacier de Viesch nous en offre un exemple des plus frappants, quoique ses aiguilles ne soient pas aussi variées que celles du Montanvert et d'autres glaciers.

Les aiguilles, quoique exposées continuellement à l'action destructive des agents atmosphériques, comme la surface unie des glaciers, présentent rarement l'aspect terne et raboteux qui caractérise ces derniers ; elles sont au contraire généralement lisses et d'une belle teinte azurée ou verdâtre. — De Saussure déjà nous a donné l'explication de cette différence, qui provient selon lui de ce que les flancs de ces aiguilles sont continuellement lavés par les eaux qui en distillent, ce qui les rend parfaitement nets et transparents. Ajoutons à cette explication que les saletés de leur surface sont entraînées par les eaux d'ablation.

Les glaciers qui ont le plus d'aiguilles sont toujours ceux qui font le plus bel effet pittoresque. — A mesure que l'on monte le cours des glaciers, les aiguilles deviennent généralement plus rares. — La température de l'air se refroidit par les altitudes. Les brouillards, les nuages qui couvrent fort souvent les grandes hauteurs, interceptent les rayons solaires. Les chutes de neige, qui sont très-fréquentes en été dans les hautes régions, préservent de l'ablation (fonte) et les neiges anciennes (changées en nevé) se maintiennent temporairement beaucoup plus longtemps qu'à des altitudes plus basses.

Mais les tranches transversales du glacier ne se transforment pas immédiatement en pyramides; il faut pour cela que les mouvements latéraux inégaux viennent encore les diviser dans divers sens, de manière à déterminer des masses prismatiques irrégulières qui s'alternent vers le haut par l'effet de la fonte, etc.

L'effet des pyramides ne se produit pas seulement sur les glaciers. Les grands blocs de glace qui se détachent du glacier d'Aletsch et nagent à la surface du lac Mærjelen, se fondent également en pyramides, dont les parois conservent comme celles des aiguilles du glacier leur teinte azurée. — Des fragments de glace, fort souvent volumineux, se détachent de la voûte des glaciers (pentes terminales), le torrent les entraîne et les dépose à une certaine distance. En 1859 nous avons vu plusieurs blocs de glace volumineux dans l'Aar-Boden, à 500^{m} en aval de la pente terminale du glacier de l'Aar inférieur; ces blocs avaient pris des formes très-bizarres.

Les traces de stratifications ou dislocations que l'on observe quelquefois sur les parois des crevasses, facilitent la dislocation de ces tranches, et il arrive même souvent que des masses entières d'aiguilles s'écroulent par cet effet et referment les vides qui les séparent; c'est ce que l'on peut voir en plusieurs endroits au glacier de Viesch. —

Au glacier de Rosenlaui, à sa pente terminale, nous avons vu, il y a quelques années, de superbes blocs de glace détachés du glacier prendre ces formes bizarres dentelées.[1]

Les nevés qui couvrent les glaciers, même ceux d'une grande épaisseur, ne présentent jamais des aiguilles. Dans les endroits abruptes ils se séparent en grands cubes ou fragments angulaires que **de Saussure** a décrits sous le nom de *séracs;* mais ces fragments ne prennent pas non plus des faces dentelées.

Crevasses sporadiques.

DA. 15. **Crevasses sporadiques** (G).

Crevasses isolées, éparses dans des localités du glacier où on ne s'attend pas à trouver des crevasses.[2]

Un affaissement partiel de la surface les produit ordinairement. — Dans les petits glaciers une grotte, une caverne du sol peut produire une crevasse isolée que nous nommerons sporadique; on n'en voit pas en amont ni en aval dans cette même localité.

Caveaux.

DA. 16. **Caveaux** (H).

L'ami **Desor** a appelé caveaux de larges et profondes crevasses qu'on rencontre dans les nevés qui couvrent temporairement les glaciers dans les hautes régions.

On voit aussi des caveaux dans les régions des glaciers où les nevés ont disparu par la fonte.

Leur forme est ordinairement elliptique comme celle des baignoires, et au lieu de se terminer en pointe effilée ou se resserrer comme les crevasses ordinaires, elles sont souvent arrondies à leur extrémité. Leur intérieur n'a pas non plus la forme conique des crevasses de glacier, le gouffre est au contraire plus étroit près de la surface que dans la profondeur, de manière qu'une coupe transversale, au lieu de représenter une pyramide renversée, ressemble davantage à une ellipse ouverte par le haut. Quelquefois elles sont complétement fermées à la surface.

Il est difficile de se faire une idée de l'effrayante grandeur de ces gouffres, qui ont jusqu'à 300^{m} de longueur, de 15 à 20^{m} de largeur et

DA. [1] En août 1862 la pente terminale du glacier de Rosenlaui se présente sous forme de talus de glace compacte.

DA. [2] Ces crevasses, fort souvent couvertes de neiges fraîches ou de nevés anciens, sont d'autant plus dangereuses pour les voyageurs qu'elles se trouvent dans des localités où on ne s'attend pas à trouver des crevasses. Sur les glaciers couverts de neiges ou de nevés, nous le répétons : Des précautions, on ne saurait assez en prendre. — Les guides de hautes régions et les glacialistes ne marchent franchement que sur la glace et les roches découvertes.

de 30 à 40^m de profondeur. Souvent le toit n'a que quelques centimètres d'épaisseur. Cette couverture présente le même aspect à la surface comme le névé compacte ; le seul indice de ces caveaux couverts sont quelquefois des fissures ou trous de petite dimension à la surface. — Ni la conformation du sol, ni l'inégalité de la surface, ni la couleur du névé, en un mot rien n'indique leur présence, ni à nos guides de hautes régions les plus expérimentés, ni à nous glacialistes qui avons l'œil ouvert, le savoir-voir, et qui ne posons le pied qu'à coup sûr, et certes chacun de nous sait pourquoi.

Marcher dans les névés ou sur neiges fraîches qui couvrent les glaciers, la corde en main, à distance les uns des autres, est le seul moyen de rentrer au gîte.

Aux caveaux couverts je donne une dénomination spéciale :

DA. 17. Tombeaux des glaciers (1).[1] Tombeaux des glaciers.

Caveaux (crevasses monstres) couverts d'une couche de neige, névé ou de glace. Couverture de la pire espèce, dont il faut se méfier comme de la neige ventée en surplomb ou du névé ramolli par les rayons solaires. — Fort souvent le matin ce sont des ponts solides sur lesquels on passe fort à son aise, sans le moindre danger ; dans la journée, après midi, ce sont des ponts en pâte molle, en cassonade (même couleur et aspect que le matin), qui se rompent. . . .

M. Desor nous donne une description complète de ces tombeaux de glacier, qu'il appelle caveaux. — Dans sa publication : *Excursions et séjours dans les Alpes*, 1844, p. 366 et suivantes, il nous dit : Tombeaux du glacier de Viesch.

« Sur le glacier de Viesch nous descendîmes dans les champs de « neige qui s'étendent au Sud vers le Valais. La neige était parfaite« ment homogène, sans aucune trace de roches éboulées, ni de corps « étrangers à la surface. Les crevasses avaient à peu près entièrement « disparu, ou, si l'on en apercevait encore quelques-unes, c'était sur « le flanc de la vallée. Aussi marchions-nous avec une entière sécu« rité, lorsque nous remarquâmes à quelque distance de nous plusieurs « petites ouvertures. Curieux d'en connaître la cause, nous nous diri« geâmes de ce côté. — Quel ne fut pas notre étonnement, lorsqu'en « regardant dans une de ces lucarnes, qui n'avait pas plus de 10 cen« timètres de large sur 30 centimètres de long, nous vîmes qu'elle « cachait un immense précipice, et dans ce précipice régnait une

DA. [1] La dénomination de tombeaux des glaciers, que je donne à ces caveaux [illegible], n'est certes pas exagérée : il faut appeler les choses par leur nom.

« lumière azurée qui surpassait en beauté, en transparence et en « douceur tout ce que nous avions vu jusqu'alors dans les glaciers. « — Que n'ai-je reçu le talent de reproduire dans un langage digne « de la nature tout ce qu'il y avait de poésie dans cette simple com- « binaison de la neige et de la lumière! Jamais je n'ai vu un spectacle « plus effrayant; nos yeux en furent tellement fascinés que nous ne « nous aperçûmes pas d'abord que la croûte de neige qui recouvrait ce « caveau enchanteur n'avait en cet endroit que quelques centimètres « d'épaisseur; cependant je n'estime pas que nous ayons couru de bien « grands dangers, car la neige était fortement tassée et le soleil ne « l'avait pas encore ramollie.

« Après avoir contemplé l'effet entraînant de ce phénomène unique, « nous voulûmes aussi en connaître la nature et la cause. — C'était « une immense crevasse, gouffre de plus de 30^{m} de large et d'une pro- « fondeur que nous évaluâmes à 100^{m} au moins. A l'endroit où nous « l'examinions, elle n'avait d'autre ouverture que la petite lucarne « dont je viens de parler; mais plus loin elle correspondait à « une large crevasse ouverte du côté de rive droite par laquelle en- « trait la lumière, et le toit intermédiaire en tempérait le reflet des « parois de neige, leur donnant une douceur et un charme indicible. « Les parois de ces caveaux, semblables à d'immenses murs de cristal, « étaient composées de couches horizontales et parallèles de 0^{m},60 à « 1^{m} d'épaisseur, d'une neige fortement durcie par le tassement, mais « cependant cristalline; car elle n'avait pas encore affecté la forme « grenue du nevé, qu'on rencontre plus bas. — Entre ces couches « de neige, il y avait ordinairement une petite bande de glace, mais « d'une glace bulleuse et peu compacte, quoique d'une teinte plus « foncée que le reste des parois. — Nos guides étaient tous d'accord « pour affirmer que chacune de ces couches représentait la neige tom- « bée dans une année, et cette explication nous parut en effet la plus « naturelle*. — Quant aux minces bandes de glace qui séparent les « couches de neige, elles sont sans doute dues à l'action du soleil « qui agit successivement pendant l'été à la surface de toutes les « couches.»

Des observations nombreuses de 1844 à 1862 confirment que les

DA. * Déjà **de Saussure** avait reconnu que les nevés qui couvrent les glaciers en très-hautes régions et qui sont longtemps persistants, sont stratifiés et que chaque couche représente les chutes d'une année.

couches de nevé représentent chacune la chute de neige tombée dans une année. Les minces bandes de glace qui quelquefois séparent les couches de neige et celles qui partiellement se trouvent dans l'intérieur de ces couches, sont dues à l'action du soleil et des gelées alternées, au verglas et à la condensation qui se produisent à la surface; en général elles sont dues aux perturbations atmosphériques nombreuses qui ont une grande influence sur ces surfaces, qui y sont exposées souvent pour un laps de temps assez prolongé avant que, par de nouvelles chutes de neiges, elles soient de nouveau couvertes.

Tombeaux des glaciers sur le Lauter-Aar.

Par une belle matinée (juillet 1846) les glacialistes **Ch. Martins, E. Collomb** et moi quittons le Pavillon de l'Aar à soleil levant. Les trous méridiens, les trous d'orgue et les petites flaques d'eau étaient couverts d'une couche de glace. Cette congélation est normale par une nuit zénith complètement découvert, calme plat, température et humidité relative très-faible (point de rosée de — 10° à — 15°, le thermomètre abrité — 1°), le rayonnement nocturne est très-fort et la congélation de l'eau à plusieurs centimètres d'épaisseur est très-naturelle.[1]

Nous cheminions fort à notre aise sur la surface unie et à faible pente du glacier de l'Aar inférieur; arrivés sur la branche du Lauter-Aar, rive gauche, 2 kilomètres en amont de l'emplacement de l'ex-hôtel des Neuchâtelois, grande fut la surprise des guides de voir dans cette localité absence complète de crevasses qu'ils avaient vues l'année précédente. Un des guides déroule la corde et dit : « Prenez vos distances, Messieurs, et engagez le poignet dans la corde. » On exécute cette prescription et on se demande : Pourquoi ces précautions, aucun danger n'est à craindre. — « On ne peut pas savoir, dit le guide en chef *Hans Jaun*, successeur de *Leuthold*, le glacier est souvent capricieux comme les femmes coquettes : il cache ses défauts, il faut s'en méfier; l'année passée il était crevassé dans cette région et il l'est encore. » Le guide fait une entaille à la surface du glacier avec la

DA. [1] Cette différence du point de rosée, — 14° au-dessous de la température de l'air ambiant, n'étonne certes pas les personnes qui ont fait des observations météorologiques en hautes régions : cette différence n'est pas un maximum. — Le point de rosée de — 15° par un air ambiant de — 1°, je l'ai lu, non au psychromètre (boule sèche et boule mouillée gelée), mais sur surface métallique (au roséemètre) : je l'ai lu au Faulhorn, au Pavillon de l'Aar. — En 1847, au col du Pic-de-Veleto (Espagne, Andalousie, Sierra-Nevada), à notre station à 2400 mètres alt., j'ai trouvé un matin le point de rosée à — 27° par un air ambiant de + 3°. Toutes les flaques d'eau sur le nevé et l'eau d'un petit alcaraza étaient gelés.

hache; l'un après l'autre attachés à la corde nous nous rendons à cet emplacement et nous voyons par l'ouverture, on peut dire par une petite lucarne : un gouffre atroce, très-grand, une vraie caverne, caveau; son fond rempli d'eau, évasé dans le bas et couvert d'une couche de glace épaisse, mais à l'endroit de l'ouverture pratiquée de très-peu d'épaisseur. Le guide nous a dit qu'il avait aperçu à la surface une très-petite ouverture, et qu'il avait jugé que là devait se trouver nécessairement la plus faible couverture de glace, Ce caveau ne produisait aucun effet pittoresque comme celui dans le nevé décrit par **M. Desor.** Il est vrai que le soleil n'éclairait pas la localité. Nous étions tous d'accord que ce gouffre était atroce, et certes atroce n'est pas très-pittoresque.

Un des glaciers des Alpes, connu pour renfermer dans ses entrailles les caveaux ou tombeaux les plus dangereux, est celui qui existe sur le revers méridional du col de Saint-Théodule (3410^{m}), sur la descente dans la vallée de Val-Tournanche. — Les guides, qui connaissent le danger, font faire au voyageur un long détour dans le nevé pour éviter de graves accidents.

Rimayes. DA. 18. **Rimayes** (K).[1]

Crevasses de hautes régions qui se trouvent toujours à l'origine de tous les glaciers.

Il n'est aucun cirque, ni aucun glacier qui n'ait à son origine une rimaye. La limite à laquelle on les trouve dans les Alpes est entre 3000 et 4000^{m}.

On les trouve toutes les années constamment dans la même position.

Les rimayes sont permanentes dans la localité où ils se forment, mais leurs dimensions varient d'une année à l'autre, et dans la même saison nous les trouvons moins ouvertes, moins béantes en juillet qu'à la fin d'août.

Les circonstances météorologiques les ont modifiées. — Ce qui les distingue surtout des autres crevasses, c'est une certaine forme flexueuse, qui indique une plus grande dépendance des reliefs environnants. — Elles ne sont jamais aussi droites que les crevasses du glacier : la plupart sont plus ou moins courbées; il y en a même de très-flexueuses.

Leur profondeur varie et peut être très-considérable.

DA. [1] *Bergschründe.*

Leur largeur est souvent assez grande, et comme elles ne peuvent pas être contournées à cause de leur longueur, qui s'étend sur toute l'étendue de la rive entre le glacier, les nevés ou neiges qui les couvrent et la roche en place, elles deviennent par cette raison l'une des principales difficultés des ascensions, et pour les traverser il faut se munir d'échelles.

M. Agassiz et ses compagnons de voyage, lorsqu'ils firent en 1841 l'*ascension à la Jungfrau* [1], trouvèrent la rimaye du premier talus excessivement béante, ayant au moins 5^{m} d'ouverture; celle de la seconde terrasse, près du col du Roththal, était au contraire assez étroite pour pouvoir être enjambée.

Lorsque **M. G. Studer** effectua la même ascension l'année suivante, il trouva la première très-praticable; la seconde était tellement large, qu'il eut de la peine à la franchir avec son échelle de 7^{m} de longueur.[2]

Les rimayes sont souvent partiellement fermées par une couche de nevé plus ou moins épaisse; les chutes de neige d'été les ferment quelquefois totalement, mais seulement temporairement.

En hiver, au printemps, au commencement de l'été, et quelquefois en arrière-saison d'une année froide, nous voyons des rimayes sur toutes les pentes de neige ou de nevé, à toutes les altitudes, où les nevés accumulés se maintiennent temporairement.

Rimayes au printemps dans les pentes couvertes de neiges.

M. Desor vit des rimayes au mois de juin 1843 en une foule d'endroits qui sont dégarnis en été de neige. «Je fus frappé, dit-il, de voir la neige former des rimayes sur toutes les pentes raides, sur les escarpements des vallées, et même sur les flancs des mamelons qui s'élèvent au devant du glacier. Ces rimayes affectaient la même position que les grandes rimayes des hautes régions; elles étaient en général à l'endroit le plus escarpé et suivaient assez régulièrement les contours des sommets, d'où je conclus qu'elles sont l'effet d'une seule même cause.[3]»

Rimayes dans les neiges ventées des Vosges.

Dans les Vosges, mon ami **E. Collomb** et moi [4] nous avons vu le 3 juin 1845 des taches nombreuses de neige sur le revers oriental de la chaîne des Vosges, depuis le *Rothenbach* (1319^{m} alt.) jusqu'au *Ho-*

[1] Voyez T. IV, *Ascension à la Jungfrau* par **M. Agassiz** et ses compagnons page.

[2] Voyez T. IV, *Ascension à la Jungfrau* par **G. Studer**.

[3] *Excursions*, p. 375.

[4] *Preuves de l'existence d'anciens glaciers dans les Vosges*, par **E. Collomb**; **Victor Masson**; 1847.

heneck 1366^{m} alt.). — La présence des neiges dans cette localité à cette époque de l'année s'explique par la manière dont elles y ont été poussées en hiver par de violents vents d'Est à Ouest. Ce vent les oblige à s'accumuler dans les cirques du revers opposé qui séparent les points culminants. Quelques-unes de ces taches étaient à cette époque réduites à quelques mètres carrés; mais les plus grandes présentaient encore une surface de 4000 à 5000^{m} carrés. Les pentes qui les supportent ont une inclinaison très-forte, en moyenne plus de 45°; ce sont de véritables précipices. Toutes ces neiges étaient changées en nevés, et dans la partie supérieure il existait une *rimaye* (*Bergschrund*) de même forme et aspect comme ceux des nevés dans les Alpes.

Dans les mois de février et mars 1846 il était tombé une grande quantité de neige dans les Vosges; le cirque du Drumont (1208 et 1226^{m} alt.) qui regarde l'Est en était encombré; quelques semaines après la chute de ces neiges elles s'étaient tassées, transformées en nevé; les circonstances de leur chute avaient été accompagnées d'un violent vent d'Ouest: il en résultait que le sommet de la montagne et son revers Ouest étaient presque complétement dégagés, le gazon était pour ainsi dire à découvert, tandis que les escarpements Est qui forment cirque étaient encombrés; à quelques mètres de distance en aval du sommet, il s'était formé une large rimaye transversale, pareille à celles des hautes régions des Alpes.

Comment les rimayes se forment-elles?

La progression des glaciers et des nevés qui les couvrent, ou des nevés qui touchent roche en place, se fait dans tous les sens, en longueur, largeur et hauteur; mais toute la masse a une tension très-marquée d'un mouvement en aval. Les rimayes ne se produisent que dans les localités à fortes pentes et abruptes; une déchirure dans la partie supérieure se fera par suite du tassement: elle grandira, se changera en crevasse qui, par les circonstances météorologiques, deviendra béante dans la partie supérieure.

Crevasses riveraines.

DA. 19. **Crevasses riveraines** (L).

Ouvertures — vides — espaces entre roche en place et glacier.

Se trouvent partiellement à toutes les altitudes, plus nombreuses dans les basses régions où la neige de l'année et les nevés temporaires fondent dès le commencement de l'été.

Leurs dimensions et leurs formes sont très-variables.

Les unes sont locales et permanentes, d'autres temporaires se pro-

duisent généralement le long des rives exposées aux rayons solaires; on en voit rarement dans les localités qui se trouvent à l'ombre.

Les crevasses riveraines doivent leur existence à diverses causes. — Les permanentes sont dues à des filets d'eau ou ruisseaux plus ou moins volumineux qui se jettent dans le glacier. Après leur parcours sur les pentes, ces eaux prennent une température assez élevée pour fondre la glace et forment un vide entre roche en place et glacier. — Les temporaires sont dues principalement aux circonstances atmosphériques, à l'échauffement des parois de roche par les rayons solaires et à la réverbération qui fait fondre la glace en contact et produit des espaces vides. — Dans les parages où la roche en place abrupte est ravinée et inégale, le glacier ne remplit pas les anfractuosités, par ablation la partie supérieure disparaît de la surface et l'espace qui séparait le glacier de la rive est à jour, et la crevasse se présente.

Ces crevasses temporaires changent de dimensions et de formes : les unes se ferment, de nouvelles s'ouvrent, etc.

DA. 20. **Cavernes sous-glaciaires** (M). Cavernes sous-glaciaires.

Cavités sous le glacier, à la pente terminale et aux bords de ceux à faible pente. Elles ressemblent beaucoup aux cavernes souterraines que nous trouvons dans certains sols ; elles sont irrégulières, sinueuses. quelquefois d'une certaine étendue, composées d'une série de renflements ou étranglements, c'est-à-dire de salles plus ou moins vastes communiquant ensemble par des couloirs.

Les cavernes glaciaires ont généralement pour origine des excavations produites dans la glace par les eaux qui s'écoulent par la pente terminale ; ces eaux prennent souvent une autre direction et laissent l'ancien lit souterrain à sec. La circulation de l'air chaud à travers ces vides et les rayons solaires qui pénètrent souvent par des ouvertures supérieures les agrandissent par ablation de leurs parois.

Le glacier supérieur du Grindelwald doit être cité en première ligne par ses nombreuses cavernes glaciaires.

Cavernes sous-glaciaires du glacier supérieur du Grindelwald.

Au mois de mars 1862 j'ai visité et observé ce glacier pendant plusieurs jours, et je me suis promené dans ces cavernes : promenade des plus pittoresques, *promenade fabuleuse*. Je me garderai bien de tracer noir sur blanc mes impressions de ce voyage sous-glacial, cela se voit et on en garde le souvenir *toujours* ..... *toujours*. — Mes guides de hautes régions, les frères *Blatter* et *Peter Bohren*, qui m'accompagnaient et qui sont des lapins qui ont parcouru un grand

nombre de nos glaciers, ont taillé des marches dans les pentes abruptes du Finster-Aarhorn, de la Jungfrau, des Wetterhorner et des pics du massif du Monte-Rosa : ils ont franchi crevasses et *Bergschründe*. Ces montagnards étaient dans un ravissement extraordinaire : à chaque pas des exclamations d'admiration, de surprise, qui se résumaient par : « Jamais, au grand jamais, nous n'avons vu des effets aussi magiques ! » Et certes ils ne se trompaient pas.

Nous avions profité de l'abord facile de ces cavernes pour organiser l'observation de la marche du glacier dans une saison qui est encore l'hiver au Grindelwald. On lisait la marche de six en six heures. A minuit, *Blatter*, mon guide en chef, s'est rendu dans les cavernes : à son retour au chalet où nous avions pris gîte, c'étaient des exclamations de joie ; tout le monde se réveille, saute de la couchette sur le plancher : « Venez, venez tous : le temps est beau, il ne fait pas froid, en route, en route pour le glacier ! A la lumière les grottes sont magnifiquement belles ! »

Avant de nous mettre en route je me suis muni d'un flacon d'alcool et de sous-coupes de tasses. — La nuit était sombre, le temps calme et la température de l'air au-dessus de zéro. Une lanterne, dont le verre est convexe à la partie extérieure (pareille à celle des policemans en Angleterre), éclairait notre marche. — Nous entrons dans la caverne d'observation : la lumière, concentrée par le verre convexe, projetée sur les parois, produisit des effets fantastiques de lanternes magiques : les parties environnantes dans une obscurité complète. — Des terrines contenant de l'alcool furent placées ; on y mit le feu, et tout le monde de s'écrier : « C'est plus beau, c'est plus imposant, c'est plus magique que l'éclairage du Griesbach par des feux de Bengale, et certes, l'année prochaine nous nous payerons l'effet de ces feux, et l'argent ne sera pas mal employé. »

En août 1862 j'ai visité de nouveau le glacier supérieur du Grindelwald ; les cavernes glaciaires nombreuses existent encore, mais l'accès en est assez difficile, et adieu les promenades : l'eau coule sur le sol détrempé, le long des parois et du toit, et des morceaux de glace se détachent, des pierres tombent....

Ravines des glaciers.

DA. 21. **Ravines des glaciers** (N).[1]

Excavations longues qui ressemblent quelquefois à des vallées d'é-

DA. [1] ***Ravin***, excavation longue que les eaux pluviales creusent accidentellement dans un terrain en pente.

rosions. — Elles se rencontrent sur le glacier de l'Aar, surtout près de son extrémité, là où les moraines commencent à s'éparpiller. La plupart sont à sec, mais accidentellement quelques-unes sont remplies de flaques d'eau. Il y en a qui ont 2 kilomètres de longueur; d'autres ont bien moins d'extension; celles de la rive droite sont très-irrégulières.

Nos observations nous disent que la surface du glacier est généralement sous l'influence du sol qui lui sert de base (le supporte). Nous savons de plus que, par suite de l'eau d'infiltration et de l'assimilation [1] de cette eau par le glacier, il progresse dans tous les sens en longueur, largeur et hauteur : cette progression est générale et locale, en raison de sa masse, du volume de glace de sol à surface. Sur un sol uni, à pente régulière et dans un encaissement convenable, la surface du glacier est unie lorsque son dos n'est pas couvert de matériaux. Dans les localités où le sol est accidenté, le glacier qui le couvre se trouve sous l'influence de ces sinuosités.

Au printemps, ordinairement fin avril, le nevé qui couvre le glacier atteint le maximum de tassement et la hauteur moyenne est alors de 2 à 3m. En janvier 1846 la hauteur du nevé sur le glacier inférieur de l'Aar, de pente terminale jusqu'au bloc de l'hôtel des Neuchâtelois, était de 2m,30; sa densité de 613 kilogrammes, représentant 1m,20 à 1m,80 hauteur en eau. En mai le dégel général commence dans les parties basses du glacier La fonte est souvent très-forte; c'est surtout sur la moraine qu'elle est la plus active : des blocs sont mis à découvert, les rayons solaires élèvent leur température, l'eau coule abondamment sur les talus, se fraie un passage à travers le nevé et forme de grands ruisseaux qui augmentent de volume dans leur course et finissent par former de vrais torrents qui atteignent la pente terminale, où ils tombent en cascades et en nappes d'eau. Dans leur parcours, des matériaux sont entraînés; ils creusent, ils ravinent la surface du glacier.

Mon guide en chef *Hans Jaun*, chargé des observations météorolo-

Raviné, creusé de ravins.

Ravineux, coupé de ravins, creusé par les torrents.

(*Dictionnaire universel*, par Bescherelle aîné, 1858.)

DA. [1] *Assimiler*, physiol. : transformer en sa propre substance les matières puisées en dehors de soi.

Assimilation, physiol. : fonction commune à tous les êtres organisés, en vertu de laquelle ils transforment en leurs propres substances les matières qu'ils puisent en dehors.

(*Dictionnaire de* Bescherelle).

giques à l'hospice du Grimsel pendant l'hiver 1845-1846, a vu au commencement de mai l'eau de la surface du glacier de l'Aar inférieur, par suite d'une très-forte fonte de nevé, tomber en torrent de la surface du glacier et juste à l'endroit où commence la grande ravine.

Les nevés et neiges fraîches qui couvrent les escarpements des deux rives du glacier fournissent par leur fonte une masse d'eau dont une partie coule sur le glacier et en ravine la surface.

Les ruisseaux et généralement les eaux qui coulent en été sur les glaciers ravinent les surfaces partiellement.

Les excavations longues, qui ressemblent (comme nous le disons) à des vallées d'érosion longues, sont produites surtout au printemps. Dans cette saison les crevasses, les puits, les fissures capillaires, etc., qui conduisent l'eau dans l'intérieur du glacier, ne sont pas ouvertes, et l'eau de fonte coule à la surface du glacier jusqu'aux pentes terminales et latérales. — C'est un vrai torrent sur le glacier même qui charrie des matériaux et qui arrondit les débris de roches. Par cette raison on ne doit pas être étonné de voir dans les basses régions des glaciers ayant sur leurs surfaces des galets pareils à ceux qu'on trouve dans les torrents ou sur les fonds qu'ils ont abandonnés, et par cette observation l'axiome, que les matériaux qui tombent de la surface du glacier à pente terminale ou qui se trouvent engagés dans leur extérieur sont *anguleux*, n'est pas à l'abri d'exceptions.

Falaises des glaciers.

DA. 22. **Falaises des glaciers** (O).[1]

Certaines coupures presque verticales semblables à des falaises[2], dont la hauteur est assez considérable.

Partout où le glacier est couvert de matériaux les falaises peuvent se former. Leur étendue est très-variable et dépend de l'élévation de la moraine au-dessus de la surface de la glace. — Sur le glacier inférieur de l'Aar nous voyons une falaise très-grande en aval de la ligne transversale du Pavillon au Grünberg; elle n'a pas moins de 250^{m} de longueur et sa hauteur est au moins de 20^{m}. Une autre un peu moins inclinée, mais plus longue, se trouve sur le flanc droit de la moraine médiane, entre les blocs de l'hôtel des Neuchâtelois et le **Bloc Hugi**.

DA. [1] *Gletscherschild* est le mot allemand de nos guides pour désigner les falaises.

DA. [2] *Falaises*, se dit des terres et des rochers escarpés taillés en précipices sur les bords de la mer et qui n'ont à leur pied ni plage, ni grève qui les sépare de l'eau.
(*Dictionnaire de* Beschebelle.)

où elle empêche la moraine de s'étaler de ce côté, ce qui la fait paraître comme alignée sur un espace de plusieurs centaines de mètres. A l'extrémité de la pente terminale couverte de matériaux on voit des parois de glaces verticales nues : ce sont des falaises. En 1862 le torrent du glacier de l'Aar inférieur sort à très-peu de distance de rive droite, et la partie au-dessus de la voûte et celles qui l'avoisinent des deux côtés forment une falaise très-caractéristique.

Les moraines médianes en relief sur le glacier, couvertes de matériaux de peu d'épaisseur, prennent des pentes de plus en plus abruptes, surtout du côté du Midi ; par suite d'ablation ces matériaux tombent à la base, laissent une partie de la glace à nu ; celle-ci n'étant plus protégée contre les rayons solaires et l'air ambiant, se fond et provoque de nouvelles chutes de matériaux ; la paroi de plus en plus abrupte se dégarnit de sa couverture et finit par produire des falaises.

Un gros bloc, le bloc monstre de protogine que nous appelons le **Bloc Hugi** se trouvait jusqu'en 1859 sur la partie supérieure de la moraine médiane ; peu à peu il s'est rapproché du côté du talus droit, et en 1862 il se trouve presque au bas de la moraine. Dans ses chutes successives il a entraîné les matériaux qui se trouvaient sur le parcours, il s'est formé une falaise, le talus est plus abrupte et une grande partie de la glace est à découvert.

Si des crevasses s'ouvrent, s'élargissent, ils engloutissent les matériaux des moraines, mettent des parois de glace à nu, et une falaise de petite dimension est formée spontanément. Sur la moraine éparpillée du glacier inférieur de l'Aar, depuis l'endroit où le ruisseau du glacier de la Trift inférieure se jette dans le glacier jusqu'à la pente terminale (soit rive gauche du glacier), nous voyons un grand nombre de falaises qui doivent leur origine à la cause citée.

Les ruisseaux qui coulent le long de la moraine médiane rive droite, et qui souvent ont 2 à 4^{m} de largeur sur 0^{m},50 de hauteur d'eau, rongent les parois de la base du cône de glace, la pente devient plus abrupte, les matériaux glissent, tombent, la glace est à nu et la falaise produite.

Les sables et les limons qui couvrent les cônes graveleux venant à quitter les parois, mettent la glace à nu et produisent une falaise en miniature.

DA. 23. **Baignoires** (P). Baignoires.

Nous appelons baignoires les petits amas d'eau d'une forme irrégulière et qui n'ont pas l'aspect caractéristique des trous méridiens. —

Ce sont fort souvent des trous méridiens qui, par certaines influences, ont changé de forme. Souvent des amas d'eau ont pour origine une crevasse qui s'est fermée dans la partie inférieure et retient l'eau, ou des dépressions dans la surface du glacier agrandies par les filets d'eau.

Ces baignoires sont remplies d'une eau claire et transparente, et souvent leur forme ovale atteste que le nom de baignoire est très-bien appliqué. Non-seulement le nom, mais aussi la manière dont se présentent ces réservoirs d'eau justifient leur dénomination.*

Trous méridiens.

DA. 24. **Trous méridiens** (Q).

Trous demi-circulaires remplis d'eau, d'une forme caractéristique, ayant leur arc tourné au Nord et la corde de l'arc au Sud.

Lorsque l'on se promène sur un glacier peu incliné (les deux glaciers de l'Aar et le glacier d'Aletsch dans leur partie moyenne, le glacier de Zermatt, de Zmutt et beaucoup d'autres), on rencontre à la surface une quantité de petits trous dont le fond est tapissé de menus matériaux, roches triturées à l'état de sable fin, sable plus gros, etc., et qui ont ordinairement de 15 à 30 centimètres de profondeur, une largeur à peu près égale, et de 30 à 60 centimètres de longueur.

« Nous connaissions ces trous, dit **M. Desor**, pour en avoir remarqué un grand nombre; mais nous ne leur avions pas accordé une attention particulière. Ce fut **M. F. Keller** qui, le premier, fut frappé par leur forme constante. Il remarqua qu'ils étaient tous semi-circulaires, ayant leur arc tourné au Nord et la corde de l'arc au Sud. Il chercha dès lors à se rendre compte de cette singulière disposition, qu'il expliqua à peu près de la manière suivante : Lorsque quelques parcelles de gravier s'accumulent derrière un renflement de la surface du glacier, elles s'enfoncent peu à peu dans la glace et occasionnent un petit creux ou une sorte de bassin en miniature. Or, comme le gravier absorbe de la chaleur, il en résulte que ce sera du côté où les rayons solaires agiront le plus longtemps et avec le plus d'intensité que ce bassin devra s'élargir et le gravier s'enfoncer le plus profondément. Or, ce côté ne peut être que le côté septentrional, et voilà pourquoi tous les bassins ont leur convexité tournée au Nord.

DA. * Un jour, en rentrant au Pavillon, nous avons vu un touriste en costume d'Adam (nu comme un ver) sortir d'une de ces baignoires par un air ambiant de + 2°. Quel ne fut notre étonnement de reconnaître un de nos amis qui venait nous faire visite et qui nous dit : « J'avais une idée fixe de me baigner à 2300 mètres d'altitude, dans de l'eau à zéro. »

«Ces petits bassins ne sont pas sans utilité pour le voyageur : ils lui permettent par exemple de s'orienter avec assez de certitude malgré le brouillard, et même de savoir l'heure qu'il est, pour peu que le soleil soit visible. Il suffit pour cela qu'il place son bâton sur le trou, de manière qu'il touche d'un côté le sommet de la colline de glace et de l'autre le sommet de l'arc, et la ligne que formera son bâton sera exactement N S. La ligne perpendiculaire à cette dernière indiquera l'Orient et l'Occident. Le point de Midi étant ainsi connu, il est facile de savoir approximativement l'heure qu'il est, d'après l'angle que le soleil forme avec la ligne N S. C'est à cause des facilités que ces trous ou petits bassins offrent à cet égard que nous les avons appelés *trous méridiens*. En allemand nous les appelons *Keller-Lœcher*, en l'honneur de notre ami **Keller.**[1] »

M. Keller dit : «Les parcelles de gravier absorbant de la chaleur par les rayons solaires s'enfoncent peu à peu dans la glace et occasionnent un petit creux, et le gravier s'enfonce de plus en plus.

«Les physiciens sont certes tous d'accord que les parcelles de roche, surtout si elles sont de couleur foncée, comme c'est le cas des schistes et des gneiss, s'échauffent par les rayons solaires ; mais ils diront : Ces parcelles, enfoncées à une certaine profondeur dans de l'eau à zéro, en contact intime avec la glace, prendront la température des matières ambiantes (eau à zéro de glace), et cette action première de s'enfoncer, lorsque des parties de surface étaient simplement en contact avec l'air, cesse dès qu'ils se trouvent à une certaine profondeur.» — Des expériences directes faites en 1863 (dont on trouvera le détail dans nos *Matériaux*, dans un autre paragraphe), confirment pleinement l'explication de **M. Keller.**

Action des rayons solaires sur la boule du thermomètre plongé dans des matières gelées.

DA. 25. Par une belle journée de septembre 1862, au Pavillon de l'Aar, zénith outremer foncé, l'ami Soleil une vérité et calme plat (circonstance très-rare cette année), j'ai vérifié le zéro du thermomètre hypsométrique dans du nevé exposé en plein air dans un vase en bois. Grand fut mon étonnement de trouver le zéro déplacé, la boule enfoncée dans le nevé à 3 centimètres de profondeur : je lisais $0 = +0°,4$, et le matin en vérifiant l'instrument dans la chambre du Pavillon, je trouvai $0° = 0°$ mathématiquement juste. — L'action du soleil sur la partie supérieure du tube est probablement la cause de cette élévation de température. — Je l'enfonce jusqu'à zéro, rien de changé : il per-

[1] **Ed. Desor**, 1844, p. 489.

manière à faire une vraie
sont les rayons solaires qui
— Je place une planchette sur
mettre le nevé et le thermo-
sitôt le thermomètre se trouve

observations, je transporte le
thermomètre alternativement.
soleil : 0 = + 0,4.
couverte d'une couche de cou-
même nevé, indiquait dans la
soleil en plein air, on lisait non des
mais des degrés.
j'ai pris un petit flacon en verre
hauteur ; j'ai fondu du suif et j'y
-fin : j'ai rempli le flacon de cette
thermomètre dont le zéro était parfai-
surfaces, le suif était compacte.
boule noire de grande dimension
le nevé, et au bout d'un certain
= + 1° (je dis + 1°,0, et non + 0°,1.
en plein air, 0° = 0°. — . —.

les rayons solaires qui traversent les matières
niveau des rails de la civilisation.... Pas besoin
ajouter foi à nos observations glaciaires ou gla-
observations, je reçois de l'ami **Collomb** une
je lui avais adressé de mes recherches glaciaires,

ressemble à l'*Alpine-Club* de Londres. Je re-
avec quelques membres de ce club, je leur aurais
observations. Nous n'avons pas ici de *glacieristes*, de
pur-sang. Les Anglais ont le grand avantage sur nous
voyages, les expéditions difficiles, périlleuses; cela
; l'*Alpine-Club* publie des relations d'ascensions
beaucoup de faveur en Angleterre et qui ne trouve-

cette année, pendant que vous exploriez les hautes régions
septembre, par un très-mauvais temps, je me trouvais dans
par un temps magnifique; j'ai suivi les cours de la
Après avoir exploré les contre-forts des Pyrenées, nous
la chaîne, nous avons poussé une reconnaissance au

Ces observations ont été faites dans du nevé (neige grenue) et dans de la glace pilée, en enfonçant la boule des thermomètres sans serrer les matières gelées contre les parois de la boule. — Si on serre fortement le nevé ou la glace pilée contre la boule, les rayons solaires n'ont pas d'influence; mais au bout de très-peu de temps il se formera un petit vide espacé entre la boule du thermomètre et la matière gelée, et l'action des rayons solaires sera très-forte, surtout sur la boule noircie.

DA. 26. **Lacs des glaciers** (R). Lacs des glaciers.

Amas d'eau d'une certaine étendue, généralement sur les rives du glacier, accidentellement sur le glacier même.

Les glaciers, dans leur parcours, ne remplissent pas toutes les sinuosités des rives de roche en place; de certains espaces sont privés de glace et se remplissent d'eau.

Des moraines latérales ou frontales peuvent, par suite de la diminution des glaciers restés en place, fermer les issues d'eau et donner lieu à des formations de lacs. Des éboulements de matériaux, avalanches de pierres, barrent souvent les eaux. Les avalanches de glace, de nevé ou de neige produisent le même effet en hautes régions : ils obstruent, barrent comme le ferait une digue maçonnée, l'espace qui les sépare du glacier.

Il y a quelques années, mon guide en chef *Hans Jaun*, en revenant fin avril du glacier de l'Aar, où il avait fait quelques observations, en passant du Grimsel à la Handeck, trouva le Rœderichsboden complétement sous l'eau : c'était un vrai lac. Les glaces et la neige que charriait l'Aar s'étaient accumulées et serrées à l'issue de ce Boden (vallée haute); ces matériaux ont formé digue, et le volume d'eau du torrent était beaucoup plus faible en aval.

« port de Vénasque et au port de la Piquade, en face des beaux glaciers de la Mala-
« detta (Mont-Maudit) et du Nethou : là, sur le terrain, j'ai eu le plaisir d'expliquer à
« quelques-uns de ces Messieurs les principaux phénomènes des glaciers, leur mouve-
« ment, les moraines, les crevasses et autres accidents; mais je crois en conscience que
« ma voix s'est perdue dans la solitude de ces déserts, parce que mes auditeurs, qui
« voyaient pour la première fois un glacier, avaient de la peine à comprendre toute la
« complication de ces phénomènes.

« Je vous dirai en outre que sur toute la longueur de la vallée de Luchon, depuis le
« port de Vénasque jusqu'à son débouché dans la plaine près de la station du chemin
« de fer de Montrejean, j'ai vu des traces nombreuses du passage d'un ancien glacier,
« des roches striées en place près de Saint-Béat, des blocs erratiques perchés et des
« moraines caractéristiques. »

Généralement, partout où l'eau, par une circonstance quelconque, ne peut s'écouler librement, il se forme un lac.

Grand nombre de lacs dans le voisinage de glaciers en activité et dans les localités abandonnées par ces derniers n'existent que par un barrage de matériaux erratiques, dans les Alpes, les Pyrénées, les Vosges, la Forêt-Noire, en Écosse, etc., etc.

Petit lac à la base du Rothhorn (glacier inférieur de l'Aar).

Au glacier de l'Aar nous voyons depuis grand nombre d'années un petit lac à la base SO du promontoire du Pavillon. Ce promontoire est la cause de son existence. Depuis 1844 jusqu'en 1862 ce lac est d'année en année plus envahi par le glacier; ses dimensions sont aujourd'hui fort restreintes, et s'il existe encore, c'est par suite de fortes ablations du glacier; mais dès qu'une avalanche de pierres couvrira la surface de glace qui, au printemps, touche roche en place, cette couverture protégera la surface de l'ablation et sa présence est anéantie.[1]

Lac Mærjelen. Glacier d'Aletsch.

Le lac Mærjelen, du glacier d'Aletsch, est suivant la carte fédérale à 2350^{m} d'altitude; il a environ dans son plein 1500^{m} de longueur et 330^{m} de largeur; sa profondeur moyenne est d'environ 7 à 8^{m}, ce qui constitue un volume d'environ 3,700,000^{m} cubes d'eau.

La température de l'eau du lac était le 28 août 1848, à 5 heures du soir, à quelques décimètres de profondeur et à une distance de 30^{m} de la falaise de glace, à 2°,50; à la distance de 1000^{m} de cette même falaise à 6°,80; l'air ambiant à 6°.

La température du lac étant supérieure à zéro, l'eau ronge le dessous du glacier et forme un espace vide de quelques centimètres. Ce vide facilite la chute des blocs de glace dans le lac.

Autrefois ce lac n'avait aucun écoulement et il s'élevait indéfiniment jusqu'à ce qu'il se creusât lui-même une issue sous la glace; il se vidait alors tout d'un coup, et ce déversement subit d'une masse d'eau aussi considérable par les canaux intérieurs du glacier (par les cavernes sous-glaciaires) occasionnait souvent des désastres dans la vallée de Naters et en Valais.

M. G. Studer raconte que les pâtres du chalet de Mærjelen avaient l'obligation, lorsqu'ils s'apercevaient que le lac allait se déverser (se vider), de courir l'annoncer à Naters, où l'on remettait au premier porteur

DA. [1] En 1842 ce petit lac avait d'E à O une longueur de 50 mètres, et de S à N 30 mètres de largeur, soit 1500 mètres carrés. En 1862, en septembre, par une forte ablation de glace dans l'année, sa surface d'eau n'est plus que de 100 mètres carrés.

de la nouvelle une paire de souliers neufs pour sa peine [1]. Pour prévenir ces éruptions violentes, le gouvernement du Valais a fait creuser un canal dans le prolongement de la vallée de Mærjelen, par lequel les eaux du lac se déversent dans la vallée de Viesch dès qu'elles ont atteint un certain niveau. Cela n'empêche pas que le lac ne s'écoule encore toutes les années par-dessous le glacier, ordinairement en juillet ou août; mais comme la masse d'eau est bien moins considérable qu'autrefois, ses effets sont aussi moins à craindre.

Lacs en aval du glacier supérieur du Grindelwald.

Au glacier supérieur du Grindelwald il se forme de petits lacs périodiques dans la moraine en aval de la pente terminale; ces lacs, au nombre de deux, je les ai vus en mars 1862 remplis d'eau et en août même année le niveau de l'eau était à la même hauteur. — Dans les anciennes moraines laissées en place à une plus grande distance en arrière du bourrelet des grands blocs déposés par le glacier, en 1838, nous voyons un lac de peu d'étendue, mais très-profond.

Les lacs qui touchent les rives des glaciers ne sont généralement pas permanents; ils se vident et sont mis à sec pour se remplir de nouveau; souvent ils changent de dimensions, disparaissent par l'augmentation, l'extension du glacier et s'agrandissent par leur diminution. Ceux de la surface sont plus soumis encore à de certaines circonstances qui les forment ou les anéantissent; des crevasses et fissures dans la glace favorisent leur écoulement, des matériaux peuvent s'y entasser, etc.

Les fortes dépréciations en creux de la surface du glacier peuvent donner lieu à des lacs sur les glaciers mêmes, tels que les ravines, les crevasses très-larges qui s'évasent (les caveaux), les baignoires, les trous méridiens, les moulins, les barrages des eaux par des matériaux qui forment des digues imperméables : toutes ces circonstances peuvent donner lieu à des amas d'eau que nous appelons lacs.

Lac dans le glacier inférieur de l'Aar, rive droite en aval du Thierberg.

Sur la carte du glacier inférieur de l'Aar, levée en 1842, d'après les directions de **M. Agassiz**, par **M. Jean Wied**, ingénieur, à l'échelle de 1^{m} pour 10,000^{m} ou $^{1}/_{10,000}$, Planche II de l'*Atlas du système glaciaire par* **M. Agassiz**, nous voyons le tracé de trois lacs sur la surface du glacier :

DA. [1] Cet écoulement prompt du lac Mærjelen à travers les cavernes sous-glaciaires prouve combien ces canaux sont grands et sont en communication sous toute l'étendue du glacier; en hiver ces canaux sont à sec et une promenade sous-glaciaire de plusieurs lieues de longueur aurait certes un certain charme.

1° Le petit lac au bas du promontoire du Rothhorn (base du Pavillon), dont la surface d'eau était en 1842 de 1500^{m} carrés. En septembre 1862 cette surface n'est plus que de 100^{m} carrés.

2° Un lac dans le glacier à 80^{m} de rive droite, entre les points fixes IV et VI, et de 500^{m} en amont de la ligne transversale de point fixe VI (rive droite sur roche, entre le glacier du Thierberg et celui du Silberberg), et le point fixe VII (rive gauche en amont du Rothhorn). Ce lac avait en 1842 40^{m} de longueur dans la direction SSE à NNO et une largeur de 20^{m}, soit 800^{m} carrés.

3° Un troisième lac dans le glacier, 40^{m} de rive droite, 230^{m} en amont du précédent (n° 2), 20^{m} de largeur, 20^{m} de longueur, 400^{m} carrés.

En parcourant cette année (en septembre 1862) le glacier sur rive droite, nous avons été étonné[1] de voir sur le glacier en aval et en prolongement du glacier du Thierberg un très-grand lac encaissé dans le glacier : je dis très-grand, puisque ses dimensions générales peuvent se traduire par 200^{m} de longueur et 200^{m} de largeur, soit 40,000^{m} carrés (4 hectares de superficie) et une profondeur reconnue de 65^{m}, qui n'est peut-être pas le maximum.

Ce lac est à peu près à 350^{m} en amont de la ligne transversale du point fixe VI au point fixe VII et 100^{m} en aval de la jonction du petit glacier du Thierberg au grand glacier. Il se trouve à 150^{m} plus en aval que celui marqué sur la carte de **M. Agassiz** en 1842. — C'est probablement le même qui s'est maintenu et a cheminé avec la masse de glace qui le renferme : 150^{m} de locomotion en vingt années établit une moyenne par an de 7^{m},50. — Sans entrer dans des chiffres positifs du mouvement du glacier près des rives, ce chiffre approche beaucoup de ceux du mouvement observé sur rive gauche dans la même ligne transversale.

Ce lac a pour rives des parois de glace, des *falaises* dans la force du terme, qui sont partout abruptes. La surface de l'eau est verticalement de 3^{m} à 5^{m} plus basse que la surface du glacier, qui est couvert de moraine éparpillée dans cette localité. Cette hauteur d'eau ne saurait augmenter; au Nord du lac une galerie de déversement est en communication avec des crevasses profondes, dans lesquelles le trop-plein s'engouffre. Par une journée chaude et de forte ablation on voit à chaque instant les matériaux des bords tomber sur les pentes, et lors-

DA. [1] Ce lac existe certes depuis longtemps, puisqu'il est signalé en 1842; mais nous n'avons pas eu occasion de visiter cette localité auparavant.

que c'est un bloc volumineux, en faisant le plongeon, la surface de l'eau décrit de grands cercles superbes qui se colorent de toutes les nuances du spectre solaire; et ces effets sont d'autant plus beaux que des parcelles de glace qui surnagent à la surface reflètent les rayons lumineux : c'est superbe, en vérité, mais tout en étant en admiration et en contemplation devant ces effets de coloris hors ligne, il ne faut pas perdre de vue et se souvenir qu'on se trouve en aval d'une pente terminale d'un petit glacier à paroi abrupte de 50 à 60°. L'ablation, qui est l'auteur principal de ces effets irisés, agit aussi sur les surfaces du petit glacier; les matériaux enchassés à peu de profondeur deviennent libres et, avec une vitesse prodigieuse et un sifflement qui tinte mal aux oreilles, ces projectiles arrivent sur le bord du lac comme des éclats d'obus et produisent le même effet sur l'économie animale.[1]

Ce lac d'une profondeur de 65^{m}, au fond duquel se trouvent certainement des quantités de roches qui y sont tombées depuis bien des années et dans lequel il en tombe constamment, finira par être totalement comblé plus en aval, et une forte chute de moraine latérale des petits glaciers qu'il sillonne pouvant le combler d'un seul coup, est peut-être l'auteur des grands cônes de matériaux que nous voyons sur rive gauche en aval : par l'ablation de la surface du glacier, ces matériaux se trouvent à la surface et forment un cône. Ce qui me confirme dans cette hypothèse, c'est un trou de sondage que j'avais fait au milieu du glacier découvert, ligne transversale du Pavillon au Grünberg. Dans ce trou de 20^{m} de profondeur et de 20 centimètres de diamètre, j'avais placé des bois de mètre en mètre, depuis la surface, pour me rendre compte de l'ablation. On introduisait un bois marqué par des chiffres qui indiquait la profondeur, on remplissait l'espace d'un mètre de pierres et roches, et ainsi de suite jusqu'à la surface. Les années suivantes, par l'ablation, les bois arrivaient successivement à la

DA. [1] En rentrant de cette excursion du lac au Pavillon, après le souper, j'avais réuni les guides pour boire fraternellement quelques verres de vin en réjouissance de la découverte du lac. — Je demande au guide en chef : Quelles sont les précautions à prendre pour éviter d'être atteint par les pierres qui se détachent de la surface des petits glaciers? — Voici la réponse : Il ne faut pas les aborder pendant les fortes chaleurs et, si on entend un bruit de chutes de matériaux, il faut faire comme les chamois : il ne faut pas se sauver, mais ouvrir de grands yeux, voir de quel côté se dirigent les matériaux et les éviter seulement au moment où on les voit venir vers soi dans une direction qui pourrait vous atteindre; alors on fait un saut de côté et tout est évité.

surface, ainsi que les pierres, et l'emplacement se reconnaissait par un grand cône de pierres qui s'était formé au-dessus, et ce cône, on le voit encore en 1862, mais moins correct de forme.

Ce qui confirme encore ce fait, ce sont des crevasses qui se trouvent sur la moraine éparpillée à 1 kilomètre approximativement en amont de la pente terminale du glacier inférieur de l'Aar. Ces crevasses, de forme ronde dans la partie supérieure à paroi abrupte, se remplissent de matériaux qui y tombent, et plus en aval nous voyons des cônes de roches sur la moraine éparpillée.

Trous d'orgue. DA. 27. **Trous d'orgue** (S).

Trous cylindriques d'un petit diamètre et de peu de profondeur, vides ou remplis d'eau.

Les très-petits fragments de roche, le sable, la terre, surtout lorsqu'ils sont de nuances foncées, reposant éparpillées sur la surface du glacier, s'échauffent par les rayons solaires[1], et au lieu de protéger la glace de l'ablation (comme ils le feraient s'ils étaient réunis en couche assez épaisse), ils s'enfoncent dans la glace et donnent lieu à des trous qui ont quelques centimètres de profondeur. Ils sont ordinairement cylindriques, d'un diamètre de 1 à 3 centimètres. **M. Agassiz** leur a donné le nom de *Trous d'orgue*.

Lorsque ces trous sont très-rapprochés et que les parois qui les séparent se disloquent, ils prennent plus d'extension et peuvent devenir des trous méridiens. Généralement les matériaux de couleur foncée, de petite dimension et éparpillés, donnent lieu à des trous d'orgue. Ces mêmes matériaux compactes et d'une certaine épaisseur formeront des cônes que nous désignerons sous le nom de *Cônes graveleux*.

Moulins des glaciers. DA. 28. **Moulins des glaciers** (T).

Ruisseaux qui, dans leurs parcours à la surface du glacier, rencontrent des crevasses et s'y engouffrent.

L'eau frappe contre les parois de la crevasse, ronge la glace et se fraie un passage. Cette érosion est favorisée par les sables et les matériaux charriés par les ruisseaux.

Le bruit qui résulte de ces chutes et chocs d'eau dans l'intérieur du glacier rappelle celui que fait une roue hydraulique d'un moulin.

Ces moulins sont intimement liés aux crevasses et se voient fréquemment sur rive gauche de la grande moraine médiane du glacier inférieur de l'Aar. — Ils ne sont pas permanents; les eaux qui les

DA. [1] Voyez *Trous méridiens*.

alimentent fort souvent s'engouffrent dans des crevasses plus en amont et laissent l'ancien lit à sec. Il peut arriver aussi que l'issue de l'eau dans la partie inférieure de ces excavations dans la glace se ferme par une cause quelconque : soit par des matériaux entraînés ou par suite de contraction des parois; et le moulin restera complétement ou en partie rempli d'eau.

En hiver l'eau des moulins submergés se gèle généralement.

Les dimensions et la forme des moulins varient à l'infini et dépendent de la quantité d'eau qui les alimente. De simples filets d'eau, eux aussi, essaient leur force et veulent prendre rang de moulins : si d'autres camarades se joignent à eux, leurs dimensions grandiront; ils avaient manifesté leur présence par une petite voix faible et plaintive : maintenant ils parlent haut [1] et réclament le titre de moulins; ils ne sont plus aspirants. Par le bruit haut et sonore qu'ils répandent, ils disent : L'union fait la force! — Un accident survient, et ils sont réduits au néant; d'autres surgissent, grandissent et les remplacent.

Rien de plus pittoresque que ces moulins; nous les voyons toujours avec un nouveau plaisir chaque année.[2]

DA. 29. **Puits des glaciers** (U). Puits des glaciers.

Trous circulaires ou elliptiques d'une grande profondeur et à parois verticales, auxquels viennent aboutir des ruisseaux.

Dans toutes nos excursions sur les glaciers de l'Aar, de 1844 à 1862, nous avons cherché en vain un puits qui traverse verticalement toute l'épaisseur du glacier de surface à sol. Cette verticalité est dans certains puits très-grande; mais, sans pouvoir le vérifier positivement, **M. Agassiz** pense que l'on peut admettre que ces puits correspondent à des couloirs intérieurs qui se trouvent dans les parties inférieures du glacier.

A une certaine altitude en amont de l'Abschwung, tant sur le Finster-Aar que sur le Lauter-Aar, on ne voit plus de puits, et les moulins y sont rares, mais par contre les caveaux n'y manquent pas, surtout sur le Lauter-Aar, rive gauche.

Si une crevasse médiane vient à se former sur le chemin d'un ruisseau, celui-ci s'engouffre directement; en même temps l'eau qui frappe les parois verticales de la crevasse ronge la glace, et il en résulte un puits en rapport avec le volume d'eau. Une fois formé, ce

DA. [1] Sous ce rapport ils ont de l'analogie avec un grand nombre de parvenus.
DA. [2] Aux yeux des peintres ce sont des crevasses qu'il faut se garder d'approcher.

puits persiste, alors même que la crevasse primitive se ferme, et il continue à servir de réceptacle au ruisseau aussi longtemps qu'il ne survient pas de nouvelles crevasses en amont. — Il peut arriver; lorsque le ruisseau est très-volumineux, que la crevasse qui se forme sur son passage ne soit pas assez large pour recevoir d'abord toute la masse d'eau qu'il débite; dans ce cas, le surplus passe outre et continue à couler dans l'ancien lit jusqu'à ce que l'eau ait eu le temps de se creuser un trou en rapport avec son volume.

Citations de M. Agassiz.

M. Agassiz dit (dans son ouvrage : *Nouvelles études sur les glaciers, 1847*) : « Le lendemain du jour où s'étaient formées, près de l'hôtel des « Neuchâtelois, les crevasses médianes, je fus étonné en passant de- « vant le plus grand de ces ruisseaux, de voir que l'eau y était bien « moins abondante que la veille. Je remontai le ruisseau pour en re- « chercher la cause, et je vis qu'une partie de l'eau se perdait dans « une crevasse fraîchement formée. Quelques jours plus tard, le ruis- « seau s'était creusé un trou suffisant dans cette dernière crevasse et « le lit en aval était complétement à sec. — Il résulte de là que l'ori- « gine et le point de départ de tous les puits est dans les crevasses. « On ne trouverait aucune trace de crevasses sur un glacier, qu'on « serait néanmoins en droit d'en conclure qu'il en a existé partout où « il y a un puits. La profondeur des *trous de cascades* ou puits est en « général très-considérable. Il y avait en 1842, près de l'hôtel des « Neuchâtelois, un puits dans lequel la sonde est descendue jusqu'à « 260^{m}, et j'en ai sondé (**M. Agassiz**) plusieurs qui indiquent 100^{m} et « plus. Tous étaient parfaitement verticaux jusqu'à leur débouché dans « les canaux avec lesquels ils communiquent. La présence de ces ca- « naux intérieurs n'est pas une supposition gratuite. On peut les voir « au fond des puits toutes les fois que ceux-ci sont vides. On les aper- « çoit même quelquefois de la surface lorsque la partie verticale n'est « pas très-profonde.

« M'étant fait dévaler (**M. Agassiz**) en 1842 dans un de ces trous, « situé sur la branche du Lauter-Aar, non loin de l'hôtel des Neuchâ- « telois, pour y reconnaître la disposition des couches, je rencontrai à « la profondeur de 16^{m} un canal d'apparence tortueuse dont l'ouver- « ture n'avait pas plus de 30 centimètres de diamètre. Il pénétrait « obliquement dans l'intérieur du glacier et sa forme, ainsi que sa di- « rection, contrastaient d'une étrange façon avec les parois régulières « et verticales du puits. »

Les puits ne se rencontrent pas indifféremment sur toutes les parties

du glacier. Aux glaciers de l'Aar, où ils sont nombreux, leur rayon ne s'étend guère au-delà du Pavillon. Ils sont surtout abondants aux environs de l'emplacement de l'ex-hôtel des Neuchâtelois, sur le Lauter-Aar, aussi bien que sur le Finster-Aar. — Il ne faut les chercher que dans les endroits unis et peu accidentés, parce que c'est là uniquement que les ruisseaux peuvent acquérir un certain volume.

Les puits sont un phénomène moins éphémère que les crevasses et les autres cavités du glacier. D'ordinaire ils persistent pendant plusieurs étés consécutifs; c'est ainsi que le grand puits du glacier de l'Aar, dans lequel M. Agassiz est descendu en 1844, existe en 1848 à côté de la moraine, sur l'affluent de la Strahleck.

Les puits ne restent pas à la même place. — M. Agassiz dit : [1]

Les puits ne restent pas à la même place.

« En 1842, lorsque je fis faire la carte du glacier de l'Aar, je voulus « m'assurer si les puits, dont j'avais remarqué un grand nombre aux « environs de l'hôtel des Neuchâtelois, persistent, ou s'ils se refor- « maient chaque année. En conséquence, j'en signalai deux à M. Wild, « ingénieur, en le priant de les comprendre dans le réseau trigono- « métrique. L'un de ces puits était situé sur le Finster-Aar, à peu près « à la hauteur n° V [2]; l'autre se trouvait sur le bord gauche de la « moraine médiane, à 200^{m} en aval de l'hôtel des Neuchâtelois, près « d'un escarpement du glacier [3]. Lorsqu'en 1843 le même ingénieur « se rendit au glacier de l'Aar pour mesurer le mouvement annuel, « il retrouva non-seulement les puits, mais il constata qu'ils avaient « cheminé dans la même proportion que les blocs de la moraine mé- « diane relativement aux points fixes du rivage. En 1846 ces mêmes « puits existent toujours; mais ils sont, après quatre ans, à une dis- « tance de près de 300^{m} en aval de leur emplacement en 1842.

« En conclurons-nous que les puits se conservent indéfiniment? « Nullement. Ici il importe de bien distinguer entre les stations où « ces accidents se rencontrent. Au glacier de l'Aar, ceux que je viens « de nommer spécialement sont tous situés dans la région moyenne du « glacier. C'est la région où le mouvement est à son maximum [4] et où « le ralentissement ne commence qu'à partir du n° V. Or, si c'est le « propre de tout mouvement ralenti de resserrer la masse, et par « conséquent de fermer les ouvertures, on ne saurait en dire autant

DA. [1] *Nouvelles études et expériences sur les glaciers actuels*, p. 347.
DA. [2] Il est indiqué par la lettre *F* sur la carte de P. 11, Atlas Agassiz.
DA. [3] Il est indiqué par la lettre *E* sur la carte de P. 11, Atlas Agassiz.
DA. [4] Et où le glacier a la plus grande épaisseur.

« des régions où le mouvement est accéléré (comparativement), et les « cavités de ces régions auront par conséquent bien moins de chance « de se refermer. Les crevasses pourront même disparaître que les « puits n'en continueront pas moins d'exister, grâce à leur plus grande « largeur. Mais je doute fort que ces mêmes puits persistassent si on « les transportait dans une région où le mouvement est ralenti. Ils « s'y fermeraient infailliblement : c'est pourquoi on n'en rencontre « pas en aval de la ligne transversale du Pavillon au Grünberg. »

Les puits ne restent pas à la même place ; ils suivent le mouvement du glacier, absolument comme un bloc de la surface ou comme une perche fixée dans le glacier : des observations nombreuses nous le disent, et personne ne s'en étonnera ; c'est tout ce qu'il y a de plus naturel. En règle générale, dans les parages où nous voyons ces puits, nous les retrouvons chaque année, mais tous ne sont pas ouverts, et par conséquent l'eau ne peut pas s'y engouffrer. Il y en a qui fonctionnent comme puits pendant plusieurs années, mais le plus grand nombre se ferme en hiver ; l'eau qui s'y jette en petite quantité en arrière-saison se gèle aux parois, obstrue le passage, le puits se remplit d'eau et toute la masse se gèle : et la meilleure preuve que c'est ainsi que les choses se passent, c'est qu'à l'ancien emplacement de l'ex-hôtel des Neuchâtelois, où les puits ont été les plus nombreux en 1842, ils le sont encore en 1862 ; et en parcourant la ligne en aval sur rive droite de la moraine, depuis l'ancien emplacement du **Bloc Agassiz** (ex-hôtel des Neuchâtelois) jusqu'au même bloc, dont une partie existe et continue toujours de cheminer en aval, et qui se trouve en 1862 approximativement de 1 $^1/_2$ kilomètres plus en aval, nous voyons des puits fermés distancés les uns des autres approximativement de la longueur de la marche du glacier annuel. — En règle générale, un puits est en activité une année, sauf exception, et un nouveau puits s'ouvre à peu près à la même place de celui qui l'a précédé.

Cavités intérieures des glaciers.

DA. 30. **Cavités intérieures des glaciers** (V).

Caveaux — déchirures — crevasses dans l'intérieur du glacier, qui font quelquefois suite aux puits. — On les aperçoit même quelquefois de la surface, lorsque les puits ne sont pas trop profonds.

M. Agassiz dit : « M'étant fait dévaler en 1842 dans un puits.... « je rencontrai à la profondeur de 16^m un canal d'apparence tortueuse « dont l'ouverture n'avait pas plus de 30 centimètres de diamètre...[1] »

DA. [1] Voyez la même citation, paragraphe *Puits*.

Un jour du mois d'août 1841 les ouvriers de **M. Agassiz** étaient occupés à forer un trou dans le glacier, lorsque le perçoir s'échappa subitement de leurs mains : ils étaient alors à la profondeur de 30^{m}. En même temps on vit arriver à la surface une grande quantité de bulles d'air. L'eau cependant ne s'écoula pas du trou, d'où il faut conclure que la cavité rencontrée par le perçoir était une cavité fermée.

On peut admettre en principe que dans les puits il existe des cavités, car ce n'est qu'à cette condition que les crevasses peuvent recevoir et écouler les eaux des ruisseaux.

Lorsqu'un puits, un moulin, une crevasse ou une fissure quelconque n'absorbe pas l'eau du ruisseau qui le traverse et que celle-ci passe outre, c'est une preuve qu'il n'est en communication avec aucun de ces canaux, ou bien que ceux-ci sont fermés. On ne peut pas admettre raisonnablement que ce soient les ruisseaux qui creusent ces canaux, car dans ce cas, au lieu d'être obliques, ils seraient verticaux, c'est-à-dire dans le plan de la chute. Mais si les ruisseaux ne les creusent pas, il est probable qu'ils les entretiennent et les élargissent. Ce qui le ferait croire, c'est qu'il est rare qu'un ruisseau rencontrant un puits ou une crevasse, passe outre. En revanche, les exemples de puits remplis d'eau et ne recevant pas de ruisseaux sont très-fréquents, surtout au commencement de l'été, ce qui tendrait à faire croire que leurs canaux intérieurs se sont trouvés fermés au printemps avant la fonte des neiges ; en tous cas il faut que les canaux intérieurs soient antérieurs aux puits et aux crevasses avec lesquels ils communiquent, autrement les puits eux-mêmes ne pourraient pas se former. Il existe d'autres indices non moins significatifs de la présence de cavités intérieures.

Cavités observées à la pente terminale du glacier inférieur de l'Aar.

M. Agassiz dit : « J'ai vu sur la tranche terminale de plusieurs «glaciers, en particulier au glacier de l'Aar, des crevasses assez «spacieuses qui avaient tout-à-fait l'air de crevasses verticales, «quoiqu'elles ne se prolongeassent pas jusqu'à la surface. Il est diffi«cile de dire quelle est l'origine de ces crevasses et quel rôle elles «jouent dans l'économie des glaciers. Cependant, comme les causes «qui déterminent les crevasses en général ne sont rien moins que «limitées à la surface, il n'y aurait rien d'étonnant qu'il s'en formât «aussi dans l'intérieur. — Il résulte de ces observations que l'opi«nion de certains auteurs anciens, qui soupçonnaient des cavités, «n'est pas aussi fantastique qu'on l'a prétendu. »

Voûte des glaciers.

DA. 31. **Voûte des glaciers** (W).

Voûte à la pente terminale des glaciers par laquelle sort le torrent.

Les torrents qui s'échappent au pied des glaciers se creusent quelquefois une issue en forme de grotte cintrée. La voûte de cette ouverture est généralement surmontée et encadrée par des arceaux de glace qui sont concentriques et séparés les uns des autres par une fissure. Ces arceaux ne peuvent être envisagés comme le résultat d'une véritable stratification. Ils sont dus uniquement à un affaissement et à une séparation de la glace, qui ne se trouvant plus suffisamment appuyée, se détache peu à peu par son propre poids autour de l'ouverture et finit par se précipiter dans le torrent.

Dans les grands glaciers à faible pente et qui peuvent s'élargir à la partie extrême, le torrent sort généralement par une voûte. Exemples : voûte du glacier inférieur de l'Aar — du glacier de l'Ober-Aar, du Rhône — des glaciers du Grindelwald, etc.

Dans les glaciers à faible pente, dont l'encaissement se rétrécit fortement à l'extrémité (pente terminale), l'eau sort par des excavations à la base sans former de voûte, telle que la Massa, qui sort du glacier d'Aletsch.

Aux petits glaciers à fortes pentes il ne se forme pas de voûte à la sortie de l'eau. Exemples : glaciers de la Trift — du Zinkenstock et autres, dans le bassin des glaciers de l'Aar.

Les voûtes ne se trouvent pas toutes les années à la même place de la pente terminale ; même dans le courant de l'année l'emplacement peut varier. — Au glacier inférieur de l'Aar nous avons vu de 1844 à 1862 le torrent sortir par une voûte rapprochée tantôt de rive gauche, puis l'année suivante non éloignée de rive droite, et souvent au milieu de la vallée. En septembre 1862 l'Aar sort par une voûte superbe très-près de rive gauche.

Mon guide en chef *Hans Jaun*, qui a passé l'hiver de 1845-1846 à l'hospice du Grimsel, chargé des observations météorologiques et glaciaires, a vu au printemps fin avril le torrent, ou plutôt l'eau de fonte de la neige qui couvrait le glacier, couler sur le talus terminal du glacier sur une grande largeur, non en nappe régulière, mais en filets d'eau plus ou moins volumineux ; il dit que c'était superbe à voir. Quelques jours plus tard il sortait à la base du glacier de l'eau sur toute la largeur, et plus tard encore le torrent sortait compacte à la base, à peu de distance de rive gauche.

Au glacier inférieur du Grindelwald on voit par les anciens lits des

torrents qui se trouvent à sec en aval de la pente terminale que souvent la voûte du glacier a changé de place. — Il en est de même au glacier supérieur du Grindelwald. En 1862 l'eau sort de ces deux glaciers non loin de rive gauche.

En mars 1862 j'ai fait des observations pendant plusieurs jours aux deux glaciers du Grindelwald. Le temps était beau, la température exceptionnellement très-élevée pour la saison. Au village de Grindelwald et dans la partie basse de la vallée il n'y avait que quelques rares taches de neige : le sol était généralement découvert, ce qui est extrêmement rare dans cette saison qui, pour cette contrée dans les Alpes (1000^{m} alt.), est encore l'hiver.

Dans les années ordinaires, nous disent les gens du pays, en mars le sol est couvert d'un mètre de neige tassée, et cet hiver nous n'avons pas pu charrier le bois de chauffage sur les traîneaux ; il est tombé peu de neige, et quand elle couvrait le sol, la chaleur et le soleil la fondaient promptement.

Glacier inférieur du Grindelwald.

Pente terminale, altitude moyenne 1000^{m} approximativement.

Par la voûte du glacier il s'écoule un très-faible filet d'eau, qui n'est pas plus fort que ceux qui sortent à la base du glacier en assez grand nombre sur toute l'étendue de la pente. Outre ces filets d'eau très-faibles, qui ne sont souvent que des suintements d'eau, il y en a qui coulent sur la pente terminale partiellement et de faible dimension. — Ces eaux sont le résultat de la fonte des neiges qui couvrent le glacier et ne viennent pas de bien loin.

La voûte du glacier, dans son intérieur, est complétement bouchée, fermée : cependant, à la partie extérieure, on reconnaît encore son emplacement à un certain cintre qui est en retrait dans la masse. — Cette fermeture ne provient pas du rapprochement des parois latérales, ni de l'affaissement du toit de la voûte ; elle n'a ni l'aspect, ni la structure, ni la couleur de glace de glacier, et mon guide *Blatter* m'a de suite observé que c'était de la glace d'eau (*Eis*) et nullement de la glace de glacier (*Gletscher*) [1]. Elle a une couleur verdâtre et sale ;

[1] Nos guides, et généralement les montagnards, font une grande différence entre neige et neve, qu'ils appellent *Schnee* et *Firn*, et entre glace de glacier et glace d'eau, *Gletscher* et *Eis*. Par *Gletscher* tout court, mot isolé, ils désignent de la glace de glacier, et ils ont l'œil pour la connaître, et *Eis* est pour eux de la glace d'eau courante.

on voit que cette glace est de la glace d'eau chargée de boue et de sable, qu'elle est formée de couches superposées les unes aux autres par suite de l'eau qui provient de la surface du glacier et qui, en coulant sur la pente disloquée de la voûte intérieure, s'est congelée.

Sur la surface du glacier, au-dessus de la voûte et sur les côtés et ailleurs, nous avons trouvé la neige (qui a quelques décimètres de hauteur), ramollie et aqueuse, en de certains endroits solide et compacte; dans d'autres localités c'était de la véritable glace d'eau gelée et adhérente au glacier; elle était même très-glissante. C'était de l'eau de fonte de neige qui s'était gelée à la surface comme celle qui a fermé la voûte.

En aval du glacier, la neige qui couvrait le sol était partiellement imbibée d'eau, et lorsqu'on l'enlevait, on trouvait de la glace d'eau d'une certaine épaisseur.

Par de certaines ouvertures (que je désigne sous le nom de *Cavernes sous-glaciaires*), on pouvait pénétrer sous le glacier [1] et se convaincre que le glacier n'était alors pas adhérent au sol. Ces cavernes sous-glaciaires communiquent ordinairement avec des crevasses ouvertes jusqu'au jour, et la température intérieure était celle de l'air extérieur à l'ombre.

Glacier supérieur du Grindelwald.

Les observations faites sur ce glacier sont en tout point conformes à celles du glacier inférieur; la voûte est fermée, etc., etc.

M. Jacky, ingénieur du bureau topographique de Berne, a dressé en 1861 et achevé en mars 1862 pendant notre séjour au glacier, le plan topographique des moraines latérales et frontales (terminales) et des contours de l'extrémité inférieure du glacier supérieur du Grindelwald à l'échelle de $^1/_{2500}$.

Ce plan est non-seulement complet et parfaitement bien fait, mais il est d'une exactitude hors ligne.

M. Sommer, peintre à Thun, auquel j'avais donné rendez-vous, a fait deux illustrations très-exactes du glacier supérieur du Grindelwald pendant notre séjour, qui complètent le plan topographique. Ces plans et illustrations sont des documents précieux pour suivre par la suite la marche et les diverses phases ou perturbations de ce glacier. Ils font partie de l'Atlas de nos *Matériaux pour l'étude des glaciers*.

DA. [1] Voyez paragraphe *Cavernes sous-glaciaires*

DA. 32. **Ruisseaux sur les glaciers.**

Ruisseaux sur les glaciers.

Les ruisseaux qui coulent en été par le beau temps sur la surface des glaciers à faibles pentes et peu crevassés sont composés d'une grande quantité de très-petits filets qui leur apportent de tous côtés le tribut de leurs eaux.

Le volume d'eau qui coule à la surface des glaciers dépend de ses conditions topographiques et météorologiques. — Les glaciers à fortes pentes et ceux très-crevassés, même à faible pente, ont très-peu d'eau qui coule à leur surface.

Les ruisseaux se jettent dans les crevasses, forment des moulins, des puits et gagnent le sol. Sur les rives des glaciers on voit rarement des ruisseaux ; ce sont des filets d'eau qui se dirigent vers roche en place.

Les ruisseaux d'une certaine importance se trouvent au glacier inférieur de l'Aar, sur les deux rives de la grande moraine médiane. — A la hauteur de la ligne transversale du Pavillon au Grünberg, le ruisseau sur rive droite, et qui est le plus volumineux de tous, tombe dans une crevasse et disparaît un peu en aval, après avoir coulé en ligne droite sans rencontrer de crevasse ou fissure sur une longueur de 4 kilomètres. — Ces grands ruisseaux de 2 à 3^{m} de largeur et de 50 centimètres de hauteur eau moyenne en été, par une belle journée sereine et chaude, ont pour affluents d'autres ruisseaux plus petits qui les rejoignent.

L'eau de ces ruisseaux augmente en raison de l'ablation, fonte superficielle du glacier et des nevés qui peuvent en couvrir une partie temporairement; cette fonte atteindra son maximum dans les circonstances météorologiques suivantes : Nuit chaude et pluvieuse par un vent chaud, suivie d'une journée zénith couleur outre-mer, rayons solaires une grande vérité, température et humidité relative de l'air élevées (point de rosée rapproché du degré de température de l'air ambiant, calme plat). — Ce sont là les circonstances où les ruisseaux qui coulent à la surface des glaciers atteindront leur maximum en été.

Par un temps froid, ciel couvert, rayons solaires directs absents, la température au-dessous de zéro jour et nuit, tourmente, vent venant de toutes les directions, trop connu de nous tous, auquel nous conservons la dénomination de *Gugs* (nom de baptême donné par nos guides), et qui dépose souvent 60 centimètres de hauteur de neige fraîche sur la surface du glacier en juillet ou août, suivant son caprice; alors tous les ruisseaux, grands et petits, sont supprimés, mis au néant.

Généralement en été, pendant la nuit, l'ablation, la fonte de la surface du glacier est nulle ; cette ablation commence ordinairement à 9 heures du matin, atteint le maximum de midi à 2 heures, puis décroît et cesse à soleil couchant. — Par des journées de ciel couvert, l'ablation est faible, et lorsque la température est basse dans les mêmes circonstances, la fonte est nulle.

Les petits filets d'eau commencent à couler à 9 heures, alimentent les ruisseaux qui atteignent leur maximum vers 3 heures du soir approximativement; puis ils vont en diminuant de volume. Un grand nombre n'est plus alimenté à soleil couchant, d'autres ont de l'eau en petite quantité toute la nuit.

Pendant l'hiver, qui est permanent de la deuxième décade d'octobre jusqu'à la troisième décade d'avril (les premières neiges persistantes tombent ordinairement à mi-octobre et la fonte du nevé sur les glaciers commence fin avril), les glaciers sont couverts de neige, aucune eau ne circule sur le glacier. Au printemps, en mai, lorsque la fonte des neiges changées en nevé et tassées se fait par des circonstances atmosphériques de vents chauds, haute température, humidité relative grande, soleil ardent, ce ne sont pas des petits ruisseaux formés de filets d'eau qui coulent à la surface du glacier : ce sont des ruisseaux qui forment des torrents, qui entraînent des matériaux, creusent des ravins, de vrais lits de torrent, par la raison très-simple que les fissures du glacier, les crevasses, les moulins, les puits, ne pouvant pas recevoir les eaux, elles coulent à la surface; plus tard ces voies d'écoulement sont ouvertes, et les ruisseaux rentrent dans leurs dimensions normales.

En mars 1862, au glacier supérieur du Grindelwald, nous avons foré un trou de sonde de $0^{m},50$ de profondeur, juste au-dessus de la galerie taillée l'été précédent dans le glacier même. Nous avons rempli ce trou de sonde de liqueur colorée, et il s'est maintenu rempli; pas une goutte ne s'est infiltrée dans le glacier. En août même année, la même expérience a été faite, et l'eau colorée a traversé le toit de la galerie, qui avait à cet emplacement 5^{m} d'épaisseur et se vidait complétement.

EXPLICATION DE LA CARTE GÉOLOGIQUE

DES PARTIES

DE LA SAVOIE, DU PIÉMONT ET DE LA SUISSE

VOISINES DU MONT-BLANC

PAR

M. A. FAVRE

Professeur à l'Académie de Genève.[1]

Introduction.

AF. 1. La phrase célèbre de de Saussure qui, après avoir passé un temps considérable de sa vie à parcourir les Alpes et être resté seize ans à publier ses voyages, disait : « Qu'on pouvait presque assurer qu'il n'y a dans les Alpes rien de constant que leur variété, » semble avoir été le point de départ de l'idée que cette chaîne renferme des terrains faisant exception aux formations généralement reconnues dans le reste du monde. Cette idée n'est plus admise maintenant;

DA. [1] Extrait des *Archives des sciences physiques et naturelles de Genève*, nouvelle période, T. XV, n° 59; 20 novembre 1862. — Pages 238 à 270. — Paragraphes AF.

Je place ce Mémoire dans le tome *Glaciers en activité*. — Les matériaux (erratiques) déposés par les glaciers ne sont pas réguliers, ni stratifiés; il en est de même de mes *Matériaux pour l'étude des glaciers* : ils sont dispersés.

mais il en reste une autre fort juste et généralement reçue, savoir que *la géologie des Alpes est difficile à faire.* — Si donc des observations nouvelles modifient dans quelques points le travail que je publie aujourd'hui (et qu'est-ce qui n'est pas modifié avec le temps?), je crois cependant que l'on y verra toujours le résultat d'efforts consciencieusement faits et longtemps soutenus.

Je viens de publier deux cartes; l'une a pour titre : *Carte des parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc, 1861;* l'autre est la *Carte géologique* de ces mêmes régions portant la date de 1862[1]. Elles sont à l'échelle de $^1/_{150000}$ et comprennent le pays qui est renfermé dans une ligne passant par les localités suivantes : Genève, Annecy, Moutiers en Tarentaise, le petit Saint-Bernard, Martigny en Valais, l'embouchure du Rhône dans le lac de Genève et toute la côte méridionale du lac de ce nom. Cet espace présente une surface d'environ 5300 kilomètres carrés; il renferme tout le groupe du Mont-Blanc et plusieurs autres massifs de hautes montagnes difficiles à parcourir.

Certaines parties de cette région ont déjà été étudiées au point de vue de la géologie, et de nombreuses localités de cette carte ont été illustrées par les travaux d'hommes justement célèbres. Parmi ceux qui ne sont plus, je rappelle ici les noms suivants : **de Saussure — Bourrit — Deluc — Gimbernat — Dolomieu — André — Brochant — Hasenfratz — Buckland — Bakewell — Brongniart — Jurine — Charpentier — Necker — Sharpe — Mgr. Rendu**, etc.

Parmi les géologues vivants, les principaux sont : **MM. Studer — Elie de Beaumont — Sismonda — Sc. Gras — Murchison — Mortillet — Escher de la Linth — Forbes — Fournet — F. J. Pictet — d'Archiac — de Loriol — Guyot — Renevier — de la Harpe — Morlot — Martins — Pillet — Vallet — Chamousset — Blanchet — Ducret**, etc. Dans le travail que je prépare, je chercherai à rappeler aussi exactement que possible la part que chacun de ces savants peut revendiquer dans les travaux relatifs à la géologie de la région qui m'occupe.[2]

AF. [1] La carte géologique a été présentée à la section de géologie de la *Société helvétique des sciences naturelles*, réunie à Lucerne en septembre 1862 (*Archives*, 1862, T. XV, p. 136) et à l'*Académie des sciences de Paris* le 3 novembre de cette année (voy. les *Comptes rendus de l'Institut*, 1862, p. 357).

AF. [2] Dans le présent article je m'abstiendrai de faire des citations, parce que je préfère ne point en faire plutôt que de les donner d'une manière incomplète, et je ne puis les donner toutes.

La géologie de cette région a déjà été figurée sur trois cartes : la *carte géologique de France*, par MM. Dufrenoy et Elie de Beaumont; celle *de la Suisse*, par MM. Studer et Escher; et celle *de Savoie, Piémont et Ligurie*, par M. A. Sismonda. J'ai souvent consulté les deux premières et je reconnais sans hésitation que ce sont de magnifiques travaux. Cependant ma carte diffère notablement de toutes les deux; d'abord, parce qu'étant à une échelle plus grande, j'ai pu donner plus de détails; ensuite, parce que j'ai fait une étude spéciale de ce pays, tandis que ces deux cartes figurent une région beaucoup plus considérable. Ce n'est qu'après mûre réflexion que j'ai tracé les terrains et les limites des terrains, qui différencient mon travail des deux cartes précédentes.

Quant à la carte de M. Sismonda, je n'en ai eu connaissance que lorsque la mienne était achevée. Il y a dans ce moment sur certaines questions de la géologie des Alpes de grandes différences entre ma manière de voir et celle des savants auteurs de la carte géologique de France et du savant distingué qui a publié celle du Piémont. Elles sont assez importantes pour être élevées presque à la hauteur de principes; et je crois que la comparaison de ces cartes donne assez bien l'idée de la diversité de nos points de vue.

Ce n'est pas ici la place de discuter ces questions, qui ont été débattues ailleurs et qui sont très-connues des géologues alpins. Cependant je dirai que la carte que je viens de publier diffère de toutes les cartes précédentes, particulièrement par la présence du terrain triasique et du terrain houiller.

AF. 2. Le terrain triasique ne figure ni sur la carte du Piémont, ni sur celle de France (je ne parle ici que de la région qui m'occupe), mais il est indiqué sur la carte de Suisse. Cependant ce terrain n'y est pas représenté avec une étendue aussi considérable que celle que je lui ai reconnue et assignée. Je crois pourtant avoir raison de la tracer de la sorte, car la plupart des géologues qui travaillent dans les Alpes d'une manière active s'accordent maintenant pour ranger dans le trias les roches que j'ai désignées comme lui appartenant. Terrain triasique.

AF. 3. Quant au terrain houiller, il n'est tracé ni sur la carte de France, ni sur la carte du Piémont; mais on le trouve sur la carte de Suisse avec une étendue différente de celle que je lui ai donnée. Dans sa recherche j'ai été constamment dirigé par l'idée que les roches qui renferment les débris de la flore du terrain carbonifère appartenaient au terrain houiller (ce que tout le monde n'admet Terrain houiller.

pas), et j'ai rangé dans les terrains jurassiques les roches renfermant des Bélemnites.

Travaux pour achever la carte (1840 à 1862).

AF. 4. La carte géologique que je viens d'achever est le résultat de travaux poursuivis depuis 1840, comme le montrent divers Mémoires que j'ai publiés à partir de cette époque. Mon travail n'a jamais subi de longues interruptions. Il m'a trop vivement captivé pour que j'aie pu l'abandonner longtemps, et comment ne m'aurait-il pas séduit? Les études qui dirigeaient mes pas me faisaient parcourir l'un des plus beaux pays du monde, et malgré les peines que j'ai prises, j'ai eu de vives jouissances. Ce n'est pas sans regret que je vois mon œuvre terminée. *J'aime les Alpes, et le besoin de les parcourir est passé chez moi à l'état de passion.*

J'ai commencé à étudier la géologie de ce pays sans aucune idée préconçue, et si je me suis formé des opinions arrêtées sur certains points, je l'ai fait d'une manière complétement indépendante. Malgré tous les soins que j'ai apportés à l'exécution de ce travail, et malgré les détails que j'espère pouvoir bientôt publier, je suis loin de croire qu'il n'y aura plus rien à faire. J'espère, au contraire, que cette carte encouragera les géologues à venir visiter un pays fort curieux, mais difficile à comprendre, et que les quelques jalons que j'ai plantés leur serviront à s'orienter. J'aime à croire que les observations et les observateurs vont devenir plus nombreux que par le passé, et je suivrai avec un grand intérêt les travaux qui seront faits.

Lorsque j'ai commencé en 1840 à parcourir le pays, je n'avais pas de carte topographique convenable pour représenter les limites des formations; j'ai éprouvé beaucoup de difficultés et de retards pour faire exécuter la carte topographique; mais après que l'état-major fédéral eût achevé la feuille du Valais qui touche à la chaîne du Mont-Blanc, j'ai fait faire la carte qui porte le millésime 1861. Elle est formée :

1° Pour la Savoie d'une réduction de la carte manuscrite de ce pays, levée vers 1808 et conservée au dépôt de la guerre de Paris. C'est à feu **M. le général Pelet** que j'ai dû l'autorisation d'en prendre copie;

2° Pour le Piémont, j'ai obtenu une copie réduite de la carte levée par les ingénieurs sardes;

3° Pour la Suisse, **M. le général Dufour** a bien voulu autoriser la copie d'une partie de la carte fédérale publiée sous son habile direction.

Le raccordement de ces cartes a été fait par **M. le capitaine Müller,** et la carte topographique, ainsi que la carte géologique ont été gravées et coloriées dans le grand établissement de **MM. Wurster**

et Comp^e^ à Winterthur, canton de Zurich. — Je vais passer en revue les diverses formations ou terrains qui sont représentés sur la carte géologique.

Terrains d'éboulements et d'alluvions.

AF. 5. *Les terrains d'éboulements et d'alluvions* sont tous deux des formations modernes. Les éboulements sont fréquents dans les montagnes; mais ceux qui sont assez grands pour être notés sur une carte au $^1/_{150000}$ sont rares. Le plus considérable parmi ceux dont la date n'est pas contestée est celui des Fiz près Servoz, qui eut lieu en 1751. Il en est parlé dans les *Voyages* de **Saussure.**

J'ai tracé également, d'après une petite carte que je dois à l'obligeance de **M. le professeur Morlot,** les contours de la grande masse de débris amenés dans les environs de Noville et de Chessel, près de l'embouchure du Rhône dans le lac de Genève : ils sont évidemment tombés du Grammont. Quelques savants placent dans cette localité l'éboulement du Tauredunum. J'ai encore indiqué la position d'un autre grand éboulement dont les débris sont arrivés directement dans le lac de Genève. Il se trouve presque à moitié chemin des villages de Meillerie et de Saint-Gingolph.

Alluvions modernes.

AF. 6. *Les alluvions modernes* se trouvent autour de toutes les rivières. Les cours du Rhône, de la Dranse, de l'Arve, de l'Isère, de l'Arly, de la Doire, etc., sont en grande partie tracés dans ce terrain. Elles sont fort difficiles à distinguer des alluvions des terrasses que quelques auteurs ont nommé alluvions modernes. Les alluvions modernes ne se distinguent guère des autres que par la différence de hauteur ; elles sont à peu près au niveau du cours des rivières, tandis que les alluvions des terrasses forment, comme l'indique leur nom, des terrasses étagées les unes au-dessus des autres. Lorsque les niveaux sont les mêmes, les formations se confondent. L'uniformité des matières transportées en est la cause. Si dans l'histoire de la race humaine les mêmes faits s'étaient passés pendant une longue série de siècles, il serait difficile de distinguer ces siècles les uns des autres. Je ne veux rien exagérer; mais c'est, il me semble, ce qui s'est passé jusqu'à un certain point dans la série formée des alluvions des terrasses et des alluvions modernes. La position de l'alluvion des terrasses, qui se trouve d'ordinaire à un niveau supérieur à celui de l'alluvion moderne, lors même qu'elle est plus ancienne, complique souvent encore la distinction qu'on voudrait apporter entre ces deux dépôts. Les alluvions modernes sont formées de débris qui souvent ont fait partie des alluvions des terrasses.

Blocs erratiques.

AF. 7. *Les blocs erratiques* sont de deux natures : les blocs granitiques et les blocs calcaires. Il est bien peu de géologues qui n'admettent pas maintenant qu'à une certaine époque peu éloignée les centres montagneux de l'Europe étaient couverts par les glaciers, dont quelques-uns étaient énormes en comparaison de ceux que l'on peut voir de nos jours. Ce n'étaient pas simplement les glaciers actuels qui s'étaient agrandis, mais il s'en était formé dans des localités où il n'y en a pas maintenant. Il y a eu des glaciers dans la Forêt-Noire, dans les Vosges, dans les montagnes de l'Angleterre et de l'Écosse. J'en ai trouvé des traces dans les montagnes de la Savoie qui n'en renferment plus : ce qui dénote évidemment un abaissement dans la ligne des neiges persistantes et une extension plus considérable des glaciers.

Les glaciers descendant des montagnes granitiques ont déposé des blocs granitiques comme ceux qui descendaient des montagnes calcaires déposaient des blocs de cette nature. *Les premiers sont si nombreux, si voisins les uns des autres et si répandus sur le flanc de certaines montagnes, que si j'avais voulu les indiquer sur la carte, il est des localités où je n'aurais pu marquer aucun autre terrain.* Ces blocs se trouvent en énormes amas dans la vallée du Rhône et dans ses aboutissants ; le val Ferret entre autres est très-instructif pour leur distribution. On en a également trouvé dans les vallées de la Dranse, de l'Arve, de l'Isère, et la vallée de la Doire a fourni un écoulement à un glacier gigantesque qui a formé les collines de la Serra près d'Ivrée, en Piémont.

Altitude des blocs erratiques.

AF. 8. Dans la plupart de mes courses j'ai porté un baromètre, avec lequel j'ai mesuré la hauteur d'un grand nombre de points, et je me suis attaché à reconnaître la limite supérieure de ces blocs erratiques. Les observations sur ce sujet nous donnent une idée de l'*immense épaisseur des glaciers qui les charriaient.* J'indiquerai ici la limite supérieure des blocs erratiques granitiques sur trois points différents de la vallée de l'Arve.

1° *Au Mont-Lachat*, placé sur le versant Nord-Ouest du Mont-Blanc. Cette mesure donne le niveau supérieur des blocs erratiques dans cet endroit de la chaîne centrale des Alpes, car le Mont-Lachat fait partie du groupe même du Mont-Blanc.

2° *Au-dessus de Bonneville*, c'est à peu près les deux tiers de la distance entre le Mont-Lachat et le débouché de la vallée, dans la plaine suisse, aux environs de Genève.

3° *Au Mont-Salève*, qui se trouve à ce débouché.

Au *Mont-Lachat*, j'ai trouvé les blocs les plus élevés à 1807m altitude, soit à 730m au-dessus du fond de la vallée[1]. Mais je ne puis m'empêcher de remarquer que les parties supérieures du Mont-Lachat offrent des pentes si rapides, qu'il est bien douteux que les blocs y soient restés, lors même qu'ils y eussent été déposés, et qu'au-dessus de cette montagne on ne trouve plus que des roches cristallines dont les pentes sont trop raides pour avoir permis aux blocs erratiques de s'y arrêter. D'ailleurs ces blocs erratiques placés dans la région des roches cristallines se confondent avec ceux amenés par les éboulements, en sorte que cette limite est peu certaine. Mais je l'indique comme étant le minimum de la hauteur à laquelle on peut placer la limite supérieure des blocs erratiques sur le flanc du Mont-Blanc.

Au-dessus de Bonneville, **M. Guyot** a trouvé un bloc erratique placé sur la *montagne du Môle*, à la hauteur de 1527m alt., soit à 1080m au-dessus du fond de la vallée[2]. Moi-même j'ai trouvé sur la rive opposée de l'Arve deux blocs placés près du sommet de la *montagne du Brezon*. Le plus élevé se trouve à 1665m alt., c'est-à-dire à 1220m au-dessus du fond de la vallée mesuré à Bonneville.

Enfin, au *Mont-Salève* on trouve les blocs jusque près du sommet de la partie de la montagne nommée le Grand-Salève, c'est-à-dire jusqu'à 1300m alt., soit à 870m au-dessus de la plaine, mesurée au village de Veyrier[3]. Il est probable qu'ici comme au Mont-Lachat l'ancien glacier a porté les blocs erratiques à une élévation plus grande que celle de la montagne, et l'on en trouve la preuve dans la hauteur du bloc du Brezon, qui est placé bien au-dessus d'une ligne droite tirée de la limite des blocs au Mont-Lachat à celles des blocs au Mont-Salève.[4]

Les blocs erratiques calcaires sont moins nombreux que les blocs granitiques. Le district où ils se trouvent avec la plus grande abondance est placé entre le Mont-Salève et Bonneville : il est connu sous le nom de Plaine-de-Rocailles. On y trouve sans aucun doute un des plus beaux exemples du phénomène erratique des Alpes. Des blocs monstrueux y sont disposés en une énorme traînée entourée par des blocs granitiques. Tous les blocs calcaires proviennent de la

AF. [1] Cette dernière mesure est prise au-dessus du village des Ouches, qui est à environ 1140m.

AF. [2] Bonneville, qui est placée au fond de la vallée, est à 446m alt.

AF. [3] Veyrier est à 428m alt.

AF. [4] Cette ligne passerait au Brezon à environ 1450m alt.

vallée de la Borne. Ils renferment les mêmes fossiles crétacés que les montagnes qui limitent cette vallée. L'espace qu'ils occupent s'étend environ sur trois lieues de longueur et sur une lieue de largeur. Cette accumulation et cette singulière distribution avaient excité la surprise et l'intérêt de **Léopold de Buch** pendant une course où je lui servais de guide, et cependant, vers la fin de sa vie, *le savant Berlinois n'aimait pas à observer longtemps les blocs erratiques.*

Diluvium, terrain glaciaire.

AF. 9. Le *diluvium* se compose en majeure partie d'énormes amas de glaise bleuâtre, renfermant des blocs erratiques et des cailloux striés [1] qui caractérisent le terrain glaciaire. Cette glaise remonte dans certains endroits sur le flanc des montagnes, sans atteindre cependant une hauteur aussi considérable que celle des blocs erratiques.

La petitesse de l'échelle de la carte m'a forcé de donner la même couleur au diluvium et aux graviers qui se trouvent au-dessus de lui, ainsi qu'à ceux qui se trouvent au-dessous. Les premiers de ces graviers forment les *alluvions des terrasses* dont j'ai déjà parlé et que quelques auteurs ont nommées alluvions anciennes. Ces terrasses sont nombreuses sur les rives du lac de Genève et sur les bords des rivières figurées sur ma carte. *Il paraît que les rares débris de l'Elephas primigenius, qui ont été recueillis dans nos environs, proviennent de ces graviers.*

Quant aux seconds de ces graviers, ceux qui sont inférieurs à la boue glaciaire et qui ont été nommés *alluvions anciennes par* **Necker,** ils sont peut-être le résultat des grands courants d'eau formés immédiatement avant la période glaciaire ou bien encore ont-ils été déposés en avant des grands glaciers eux-mêmes. En sorte que, dans la première de ces hypothèses, il y a eu dans notre pays comme dans les autres centres montagneux :

1° De grands courants formés au commencement de la période glaciaire. Ils étaient produits par le climat humide et froid qui précéda très-probablement le développement des glaciers.

2° La période glaciaire proprement dite avec son climat froid, pendant laquelle la glaise, les boues et les blocs erratiques ont été charriés. Il est probable que pendant cette époque les grands courants avaient été à peu près desséchés, excepté en aval des glaciers.

DA. [1] Les galets ou cailloux erratiques, et même les gros blocs qui portent des marques de frottement, nous disons qu'ils sont rayés. Les roches en place qui portent ces marques sont striées, polies ou moutonnées.

3° Au retour d'une température moins rigoureuse que celle de l'époque glaciaire, les glaciers fondirent, de grands courants se formèrent de nouveau. Ils ravinèrent les dépôts précédents et déposèrent les alluvions des terrasses. A mesure que les eaux diminuèrent de volume et qu'elles creusèrent leur lit, les terrasses se rapprochèrent des alluvions modernes.

Mollasse d'eau douce.

AF. 10. *La mollasse d'eau douce* qui se trouve dans nos environs fait partie du terrain miocène. Elle appartient probablement aux deux étages de la classification adoptée par M. Heer dans ses *Recherches sur le pays tertiaire*, au Mayencien qui renferme la mollasse grise et à l'Aquitanien qui est représenté par le gisement de lignite et de fougères de Thorrens. Il est probable que le grès de Bonneville correspond au grès de Rallingen, décrit par M. Studer et par M. Heer. Mais pour préciser ces divisions dans nos environs, il faudrait posséder plus de fossiles qu'il n'en a été recueilli jusqu'à présent. Dans le cadre de ma carte, il n'y a que deux étages de la mollasse et point de Nagelfluhe, tandis que dans les cantons de Berne, de Fribourg et de Vaud on trouve le Nagelfluhe et la mollasse marine, qui est supérieure à notre mollasse d'eau douce. Pourquoi cette mollasse marine n'est-elle pas représentée dans le bassin compris entre les Alpes et le Jura dans les environs de Genève? N'a-t-elle jamais été déposée dans cette partie de la plaine suisse, ou en a-t-elle été enlevée après son dépôt? Ce sont des questions dignes d'être examinées, mais il serait trop long de le faire ici.

Macigno alpin.

AF. 11. *Le Macigno alpin*, qui a été confondu avec d'autres roches sous le nom de Flysch, et le grès de Taviglianaz ou grès mouchete, sont représentés dans ma carte par la même couleur. Il serait, en effet, difficile de séparer ces deux roches qui alternent souvent ensemble; elles appartiennent toutes deux à l'époque éocène. Le Macigno alpin prend quelquefois la forme d'un grès ou d'un conglomérat et renferme des cailloux qui contiennent des fossiles de terrains plus anciens (aux Voirons, à la Molire, vallée de Boëge, sur les flancs de la Dent-du-Midi), mais le plus souvent il est formé de schistes marneux dans lesquels se trouvent une assez grande quantité d'écailles de poissons qui n'ont jamais été examinées avec beaucoup de soin.

Grès de Taviglianaz.

AF. 12. *Le grès de Taviglianaz* (qui a tiré son nom d'un chalet des Diablerets, canton de Vaud) paraît être une cendre ou tuf volcanique ou trappéen. Il renferme du feldspath, de l'amphibole ou pyroxène, et je crois y avoir trouvé des traces de hauyne. Si on compare la po-

sition de ces tufs volcaniques ou trappéens placés au-dessus du schiste marneux, renfermant de nombreuses écailles de poissons et reposant sur le terrain nummulitique, avec la position des roches trappéennes du Vicentin, il semble que ce soit deux formations du même âge. Dès lors ne pourrait-on pas supposer que le grès de Taviglianaz a été formé par les lapillis, les cendres et les débris projetés par les éruptions sous-marines du Vicentin, qui ont été entraînés par des courants et stratifiés en alternant quelquefois avec le Macigno alpin. — A cette époque, l'Italie n'était pas séparée de la Suisse et de la Savoie par une chaîne aussi formidable que celle qui existe maintenant; car toutes les roches nummulitiques qui constituent de très-hautes sommités dans les Alpes se déposaient au sein de la mer. D'un autre côté, la distance qui sépare le Vicentin du pays dont je me suis occupé n'est pas assez grande pour que l'on repousse sans l'examiner l'hypothèse qui consiste à faire venir les éléments trappéens du grès de Taviglianaz des éruptions trappéennes du Vicentin, en les supposant apportés par des courants marins.

Le grès de Taviglianaz est très-développé dans les environs du Grand-Bornand, dans la vallée du Reposoir et dans une grande partie du massif compris entre la rive droite de l'Arve et la rive gauche du Giffre, c'est-à-dire entre Samoens et Sallenche.

Cette roche, ainsi que le Macigno alpin, repose sur le calcaire nummulitique. Toutes deux constituent dans cette région des Alpes la partie supérieure du terrain éocène et offrent dans certains endroits une puissance de 200 à 300^{m}. — Cette formation diffère donc totalement de celles qui se sont déposées à la même époque en dehors de l'emplacement des Alpes.

Le Macigno alpin avec écailles de poisson de la rive gauche de l'Arve est assez différent de celui qui forme, sur la rive droite de cette rivière, une grande zone qui s'étend de la Pointe-d'Orchez jusqu'à Vionnaz dans la vallée du Rhône. Il est formé par des schistes calcaires et marneux dans lesquels on trouve très-fréquemment des empreintes de fucoïdes, de *Chondrites intricatus* et *Ch. Targionii* et des *Helminthoïdes crassa*, qui ont quelques ressemblances avec les myrianites du terrain silurien. Ces schistes ne sont pas liés au grès de Taviglianaz; ils ne reposent pas sur le calcaire nummulitique qui ne se rencontre pas dans cette région; mais ils reposent sur le calcaire kimméridien dont je parlerai plus tard. J'ai longtemps hésité avant de les classer et je conserve encore quelque arrière-pensée sur eux, mais

j'ai été engagé à les réunir au Macigno alpin parce qu'ils renferment les mêmes empreintes de plantes qui se retrouvent dans des roches à peu près semblables associées au grès nummulitique des Voirons.

AF. 13. *Les calcaires et les schistes calcaires nummulitiques*, qui appartiennent évidemment à l'époque éocène, forment dans la partie des Alpes que j'ai examinée une couche importante. Ils ont été soulevés jusqu'à de très-grandes hauteurs. Cette formation renferme une couche de charbon qui se montre sur plusieurs points, tels que Pernant, le Petit-Bornand, Champlaitier et Montmin; elle est le prolongement de la couche des Diablerets et de celle d'Entrevergne. A Pernant et à Montmin la couche charbonneuse avec ses nombreux fossiles se trouve placée un peu au-dessous du calcaire nummulitique proprement dit. L'ensemble de ce terrain est assez riche en fossiles; ils ont été en partie décrits par MM. Hébert et Renevier. Les principaux sont les suivants : Calcaires et schistes calcaires nummulitiques.

Turritella imbricataria, Lam.
— *carinifera?* Desh.
Chemnitzia lactea, d'Orb.
Natica Studeri, Brong.
— *crassatina?* Lam.
— *angustata*, Grat.
— *depressa?* Desh.
Terebra vulcani, Brong.
Cerithium plicatum, Brong.
— *elegans*, Desh.
— *castellini*, Brong.
— *conulus*, Brong.
— *bicalcaratum?* Brong.
— *corrugatum*, Brong.
Fusus polygonatus, Brong.
Cytherea incrassata, Desh.
— *Villanovæ*, Desh.
Cyrena convexa, Heb. et R.
— *alpina?*
Cardium granulosum, Lam.
Pecten.
Conocliypus anachoreta, Ag.
— *Dubuisii*, Ag.
Echinanthus Scutella.
Trochocyathum cycloloboides, M. Edw.
— *van den Broeckii*, M. Edw.
— *alpinum?* M. Edw.
Orbitoides submedia, d'Arch.
— *sella*, d'Arch.
Nummulites Ramondi, Defr.
— *Murchisoni*, Brunn
— *planulata?* d'Orb.
— *striata?*
— *Biaritzensis*, d'Arch.

Tels sont les terrains tertiaires dans les Alpes de nos environs; ils reposent sur les *terrains crétacés* qui jouent un rôle des plus importants dans cette région et qui se composent de la série suivante :

AF. 14. *La craie* est représentée par un calcaire compacte gris ou noir dans lequel les fossiles sont très-rares. On y trouve quelques inocérames, et il paraît devoir être rapporté au terrain sénonien ou craie blanche. Il n'est probablement que le prolongement de la craie blanche des montagnes d'Entremont, près de Chambéry; cependant Craie.

on trouve l'étage cénomanien dans le Jura à Sainte-Croix, pas loin d'Yverdon dans le canton de Vaud. Mais on n'a pas trouvé jusqu'à présent dans les montagnes de la Savoie des fossiles suffisants pour déterminer avec une grande précision l'âge de ce terrain. Sa position au-dessus du terrain albien est son principal caractère. Lorsqu'on ne peut voir cette superposition, on le confond facilement avec le terrain urgonien.

Terrain albien, gault ou grès vert.

AF. 15. *Le terrain albien, gault ou grès vert* forme des couches peu puissantes, mais parfaitement distinctes par les nombreux fossiles qu'elles renferment et par leur caractère minéralogique. Ce sont des calcaires d'un gris bleu ou noirâtre, quelquefois marneux, pétris de grains de silicate de fer d'un vert très-foncé. Les fossiles en sont très-connus; ils ont été décrits dans l'ouvrage de **MM. Pictet** et **Roux.** En voici quelques-uns :

Belemnites minimus, List.
Nautilus Saussureanus, Pict.
— *Bouchardianus*, d'Orb.
— *Clementinus*, d'Orb.
Ammonites Velledæ, Mich.
— *Beudanti*, Brong.
— *Dupinianus*, d'Orb.
Ammonites Mayorianus, d'Orb.
— *latidorsatus*, Mich.
— *interruptus*, Brug.
— *inflatus*, Sow.
Scaphites Hugardianus, d'Orb.
Hamites Saussureanus, Pict.
— *elegans*, d'Orb.

On y trouve encore des Turrilites, des Turritelles, des Scalaires, des Avellanes, des Natices, des Turbos, des Trochus, des Solarium, des Pleurotomaires, etc.; un grand nombre d'acéphales, parmi lesquels l'*inoceramus sulcatus* et l'*inoceramus concentricus* sont peut-être les deux espèces les plus communes.

Ce terrain montre des affleurements dans un grand nombre d'endroits. Les principaux sont les suivants : la montagne des Bœufs et le col Rampon, pas loin d'Annecy, Thônes, les environs du Mont-Saxonnet au Sud-Est de Bonneville, ceux du Grand-Bornand au Sud de cette dernière localité, et la vallée du Reposoir, un peu plus au Nord. Il se montre dans plusieurs parties de la longue chaîne du Mont-Charvin à la Pointe-Percée qui termine au Sud-Est le grand district crétacé placé sur la rive gauche de l'Arve. On le voit encore près de la ville de Cluses, placée sur cette rivière : ici le grès vert repose sur la craie par suite d'un renversement. Il se trouve dans les environs de la Croix-de-Fer, sur la rive droite de l'Arve, dans le vallon de Sales et aux Fiz, ainsi que sur la rive droite du Giffre au Criou.

aux Avoudruz, à Bossetan et sur le revers Nord-Ouest de la Dent-du-Midi.

AF. 16. *Le terrain aptien* est peu épais; il est formé d'un calcaire jaunâtre associé à des marnes noirâtres. Je l'ai réuni au terrain urgonien, en lui donnant la même couleur dans ma carte. Les principaux fossiles sont les suivants : Terrain aptien.

Belemnites semicanaliculatus, Bl.
Ammonites Cornuelianus, d'Orb.
— *milletianus*, d'Orb.
Plicatula radiola, P. et R. = *P. inflata* Sow.
Ostrea Boussingaulti, d'Orb.
Terebratula Dutempleana, d'Orb.
Rynchonella Gibbsiana, Davids.
Heteraster oblongus, d'Orb.

Il se trouve au Parmelan, au Planet près des Vergys, à Dessy près Bonneville, au col de Teine près de Surcouz, au Sud de cette ville, etc.

AF. 17. *Le terrain urgonien* ou *calcaire à Chamma-Ammonia* est très-répandu et très-puissant dans la Savoie. La roche principale est un calcaire gris. Les fossiles les plus nombreux sont le *Radiolites Neocomiensis*, d'Orb., et le *Caprotina Ammonia*, d'Orb. Terrain urgonien ou calcaire à Chamma-Ammonia.

Ce terrain forme de grandes crêtes rocheuses et arides auxquelles leurs formes hardies donnent un aspect particulier. — Il constitue avec le néocomien la masse principale des chaînes circulaires et rectilignes qui sont placées entre le lac d'Annecy et la rive gauche de l'Arve. On le trouve encore dessous le terrain éocène dans le massif situé entre l'Arve et le Giffre, ainsi que dans celui du Criou, des Avoudruz et des Dents-Blanches, au Nord-Est de Samoens. Il est également très-développé au Mont-Salève.

AF. 18. *Le terrain néocomien* a un développement considérable dans les montagnes crétacées de la Savoie. On y reconnaîtra peut-être une fois l'étage nommé Valengien; pour le moment je n'ai pu le constater d'une manière bien précise. Il est probablement représenté par un calcaire un peu ferrugineux placé à la base du néocomien, mais je n'ai pu en obtenir des fossiles bien caractéristiques. Terrain néocomien.

L'étage néocomien proprement dit présente deux facies. Le premier, celui du *néocomien jurassien*, repose toujours sur le terrain corallien. Il est formé par des calcaires plus ou moins marneux, jaunâtres, avec ou sans grains de glauconie à la partie supérieure; à sa partie moyenne on trouve des marnes bleuâtres très-fossilifères et à la partie inférieure un calcaire dont la couleur est souvent celle de la rouille. Plus on se rapproche de la chaîne centrale des Alpes, plus

le calcaire domine, et moins la marne est abondante. Il est caractérisé par de nombreux débris d'êtres organisés, tels que les suivants :

Belemnites dilatatus, Blainv.
Nautilus pseudo-elegans, d'Orb.
Ammonites radiatus, Brug.
Ostrea Couloni, d'Orb.
Toxaster complanatus, Ag., etc.

Les fossiles de ce terrain ont été décrits dans les travaux de **M. le professeur Pictet** et dans celui de **M. de Loriol.** Cet étage constitue, on peut dire, la masse principale des chaînes que j'ai indiquées en parlant de l'étage urgonien.

Terrain néocomien alpin ou provençal.

AF. 19. Le second facies est celui auquel on a donné le nom de *Néocomien alpin* ou *provençal;* il repose toujours sur l'étage oxfordien. Il est plus marneux que le facies précédent. Les principaux fossiles sont les suivants :

Belemnites Orbignyanus, Duv. J.
— *conicus*, Bl.
— *latus*, Bl.
Ammonites subfimbriatus, d'Orb.
— *Rouyanus*, d'Orb.
— *ligatus*, d'Orb.
Ammonites difficilis, d'Orb.
— *Voironencis*, Pict. et de Lor.
Ancyloceras Tabarelli, Astier.
— *Emerici*, d'Orb.
— *Sabaudianus*, Pict. et de Lor.
Terebratula diphyoïdes, d'Orb.

Ce facies est beaucoup moins répandu que le précédent; on le trouve aux Voirons, à la base du Môle, et peut-être au pont Saint-Claire, à l'Est d'Annecy.

Terrains jurassiques.

AF. 20. *Dans les terrains jurassiques,* je n'ai distingué que deux formations : le terrain supérieur comprenant tous les étages jurassiques proprement dits et le terrain inférieur comprenant le lias et l'infra-lias.

Dans le terrain *jurassique supérieur,* je range les formations suivantes :

Kimméridien.

a) Le *kimméridien*, dont j'ai recueilli récemment un grand nombre de fossiles dans les environs de la chapelle d'Abondance et des Cornettes de Bize (au Sud de Saint-Gingolph). L'un des plus répandus dans cette formation est :

Rhynchonella trilobata, Munst.
Terebratula insignis, Ziet.
Mytilus subpectinatus? d'Orb.
Mytilus striatus, Gold.
Hemicidaris alpina, etc.

Étage corallien.

b) L'*étage corallien* du Mont-Salève, formé dans la partie inférieure par un calcaire d'un blanc jaunâtre et dans sa partie supérieure par un calcaire oolitique renfermant beaucoup de fossiles et en particulier de beaux *Diceras Lucii*, Defr., et *D. arictina*, Lam.

c) L'*étage oxfordien* de Bellevaux avec ses *Ammonites plicatilis*, Sow. Celui de Saint-Jeotre, qui contient la même espèce. L'étage oxfordien des Voirons renfermant les fossiles suivants : Étage oxfordien.

Aptychus latus, Park.	*Ammonites plicatilis*, d'Orb.
— *lamellosus*, Park.	— *Adelæ*, d'Orb.
Belemnites hastatus, Blainv.	— *oculatus*, Bean.
— *Sauvanausus*, d'Orb.	— *torticulcatus*, d'Orb., etc.

Cet étage présente à peu près les mêmes fossiles aux bases du Môle. Le terrain oxfordien se montre sur les bords du lac d'Annecy, près de Talloires. Il renferme les mêmes débris d'êtres organisés. La roche qui le forme est en général un calcaire d'un blanc jaunâtre, présentant souvent des rognons, associé à des couches marneuses.

J'ai donné ailleurs des détails sur les grandes masses de schistes argileux ou argilo-calcaires noirs qui forment les montagnes rapprochées de la chaîne centrale et qui contiennent des fossiles calloviens : telle est la chaîne du Buët, du Grenairon et de Tanneverge; telle est encore une partie du Mont-Joly, près de Saint-Gervais. On trouve dans ces schistes argileux l'*Ammonites lunula*, Ziet. de l'étage callovien; ainsi que les *Ammonites Parkinsonii*, Sow., *Niortensis*, d'Orb., *Murchisonæ*, Sow., qui proviennent ordinairement de l'oolite inférieure.

Je place encore dans le terrain jurassique supérieur les roches de la Mayaz, montagne tenant au col Ferret, à l'Est de la chaîne du Mont-Blanc. J'y ai recueilli des oursins que **M. Desor** a eu l'obligeance d'examiner et qu'il a rapportés à des radioles du *Cidaris histricoïdes*, Quenst., et au *C. propinqua*, Munst. Ces roches calcaires ne sont séparées des protogynes du Mont-Blanc sur lesquelles elles s'appuient que par une distance de 15^{m} environ, et elles paraissent placées au-dessous de grandes masses de roches triasiques et jurassiques.

AF. 21. Le *terrain du lias* et celui de l'*infra-lias* sont bien caractérisés dans diverses chaînes extérieures des Alpes, à Meillerie, sur les bords de la Dranse, au Môle, à la Pointe-d'Orchez, etc. J'ai associé l'infra-lias au lias, parce qu'en Savoie ses caractères minéralogiques le rapprochent bien plus de ce terrain que du trias. Je ne répéterai pas ici les listes des fossiles que j'ai données dans mon Mémoire sur les terrains liasique et keupérien de la Savoie. Dans l'intérieur des Alpes, Terrain du lias et de l'infra-lias.

c'est-à-dire dans le voisinage de la chaîne centrale, on n'a trouvé aucun fossile bien conservé se rapportant d'une manière certaine au terrain liasique. Les fossiles, rares et altérés à leur surface, sont la plupart du temps des Bélemnites qui, on le sait, sont difficiles à déterminer, surtout lorsqu'elles ont été allongées par le clivage. On croit avoir reconnu le *Belemnites acutus*, Miller, du lias à petit-cœur, le *B. niger*, Lister, du lias moyen au Mont-Joly, et le *B. canaliculatus?* du lias supérieur au Mont-Lachat. On a trouvé encore quelques ammonites, mais en petit nombre et la plupart se rapprochent, comme je viens de le dire, des espèces de l'oolite inférieure. On ne connaît pas même bien exactement la position de ces ammonites dans les couches ardoisières qui les renferment et qui sont presque toujours contournées; mais on voit qu'il y a entre elles et le terrain triasique une puissance de couches assez grande pour que le terrain liasique puisse être développé. — Malgré ces causes d'incertitude, il y a de fortes raisons pour rapporter au lias les terrains que j'ai colorés en bleu foncé :

1° Parce que dans plusieurs localités on a trouvé à la base de ce terrain les fossiles de l'infra-lias ou zone à *Avicula contorta*.

2° Parce que ces terrains ont pour prolongement évident, au Sud-Ouest, les couches incontestablement liasiques du col de la Madeleine et du col des Encombres, et au Nord-Est les couches du lias de Bex, qui renferment la gryphée arquée.

Pour ces diverses raisons j'ai colorié avec la teinte qui indique l'étage liasique les terrains qui renferment des Bélemnites dans les environs du Mont-Blanc et ceux de la vallée de Mégève.

Les couches du revers Sud du Mont-Blanc se prolongent jusqu'au Mont-Chemin en Valais, où j'ai trouvé les *Belemnites paxillosus*, Quenst. de l'étage toarcien ou de l'étage liasien. Il est probable que si l'on parvient à découvrir de nouveaux gisements de fossiles, on arrivera à mieux séparer les divers étages de la formation jurassique que je n'ai pu le faire au milieu de ces immenses massifs de schistes argileux, contournés et souvent renversés.

Les terrains liasiques des environs de Taninge reposent à Matringe sur la zone à *Avicula contorta*. Ceux du Môle renferment un grand nombre de fossiles liasiques, ainsi que ceux de Meillerie. On trouve encore quelques fossiles de cet âge au Grammont, près Saint-Gingolph, à la montagne d'Armone, au sud de Thonon, au Miribel, à l'est de Boëge; enfin à la montagne des Almes, dans la vallée du Re-

posoir, et à la montagne de Sulens, au sud de Thônes, on trouve les fossiles de l'infra-lias placés dans les positions les plus extraordinaires, mais ils n'en caractérisent pas moins les terrains jurassiques tout-à-fait inférieurs.

Un chasseur de chamois a rapporté du fond de la vallée de Sixt des gryphées arquées. Elles provenaient, a-t-il assuré, de la localité difficile à parcourir, nommée Prazon. Il n'y a rien de fort surprenant dans cette découverte; les roches de Prazon étant surmontées par une énorme épaisseur de terrains jurassiques, appartiennent probablement au terrain du lias, d'autant plus qu'elles ne sont pas éloignées du lias de Bex qui renferme également des gryphées arquées. Elles reposent sur le terrain triasique que l'on voit apparaître dans un point du fond de la vallée de Sixt.

Ma carte diffère considérablement de celles qui ont été publiées précédemment par le *terrain triasique* qui y est figuré et par l'étendue que je lui ai reconnue. Il est formé en Savoie par un ensemble de couches inférieures à l'infra-lias ou zone à *Avicula contorta* et supérieure au terrain houiller. On ne le voit nulle part avec un développement complet; mais, en réunissant toutes les couches qui le constituent, on obtient la coupe suivante en commençant par le haut.

AF. 22. *Marne* ou *argile rouge*, ayant 60 à 80^{m} de puissance et ressemblant à des marnes irisées durcies. — Marne ou argile rouge.

AF. 23. *Cargneule* ou *calcaire magnésien celluleux*, ayant quelquefois un énorme développement, comme sur les bords de la Dranse, près Thonon. Là cette cargneule renferme deux puissantes couches de gypse. Ordinairement la cargneule est accompagnée de gypse, mais son développement est moins considérable que dans cette localité. Je n'ai pas encore trouvé de fossiles dans les gypses, mais j'ai recueilli à Matringe des cristaux de quartz placés dans cette roche. Ils ne sont pas rouges comme ceux que l'on rencontre dans les gypses triasiques d'Espagne; mais ils sont brunâtres et enfumés, semblables à ceux que l'on recueille dans la partie supérieure du Muschelkalk du Wurtemberg. — Cargneule ou calcaire magnésien celluleux.

AF. 24. *Schiste argilo-ferrugineux rouge et vert.* On le voit bien développé dans diverses localités, et particulièrement près du village d'Argentières, vallée de Chamounix. Il passe à un grès qui présente des couleurs plus ou moins variées ou bigarrées et à des marnes verdâtres. — Schiste argilo-ferrugineux rouge et vert.

Ardoise noire. AF. 25. *Une couche d'ardoise noire* peu épaisse, qui se voit rarement; elle se trouve au col de Salenton, près du Buët.[1]

Grès arkose. AF. 26. *Le grès arkose* se voit à la partie inférieure du trias. Il renferme beaucoup de gros morceaux de quartz et souvent des grains de quartz rose, associés à des matières talqueuses verdâtres. Ce grès est très-bien caractérisé dans beaucoup de localités, mais dans d'autres il est remplacé par des *quartzites* plus ou moins compactes, par exemple dans les environs du grand Saint-Bernard, dans la Maurienne et en Tarentaise. Ce sont ces quartzites triasiques qui ont fourni la plus grande partie des cailloux quartzeux du terrain erratique. Quelques-uns d'entre eux ont été transportés, comme on le sait, à de très-grandes distances.

Terrain triasique. AF. 27. *La distribution du terrain triasique* dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse qui nous occupent présente un intérêt nouveau. On le trouve à Meillerie et sur le versant oriental du Grammont. Il est très-développé dans la vallée de Boëge, et l'extrémité septentrionale de la zone qu'il y forme arrive près de Cervens, où il se trouve placé au-dessous du lias et *au-dessus* du terrain nummulitique. On voit ce terrain au Môle, à Matringe et à Taninge. Il forme un affleurement dans la vallée d'Illiers et s'étend de Monthey, vallée du Rhône, jusqu'aux environs de Samoens. Cette grande bande de gypse et de cargneule est le prolongement des gypses triasiques de Bex. On rencontre encore le terrain triasique à la montagne des Almes (Reposoir) et à la montagne de Sulens, au Sud de Thônes. Il présente de très-nombreux affleurements dans la vallée de Mégève, dans les environs de Beaufort, d'Aime en Tarentaise, du bourg Saint-Maurice, du petit et du grand Saint-Bernard, sur les deux revers du Mont-Blanc, aux environs de Saint-Gervais, et enfin il forme une zone qui s'étend de Servoz à Saint-Maurice (Valais).

L'année dernière, la Société géologique de France, réunie à Saint-Jean-de-Maurienne, a examiné dans les environs du fort de l'Esseillon et dans ceux du col de Fréjus de grandes masses de schistes argilo-talqueux lustrés, dont **M. Lory** avait déjà parlé dans ses travaux géologiques. Quelques savants ont rangé, probablement avec raison, ces schistes dans le terrain triasique; cependant la question

AF. [1] Quoique je n'aie pas trouvé de fossiles dans ces deux couches, je ne puis m'empêcher de croire que l'on en découvrira, ces roches étant semblables à celles qui en contiennent dans d'autres pays et qui renferment en particulier des petites posidonomyes.

n'a pas été clairement résolue. Il est nécessaire de lui donner une démonstration plus complète. Ces roches, assez peu caractérisées par leur gisement, par leurs caractères minéralogiques, et moins encore par leurs fossiles (elles n'en renferment pas), se trouvent-elles dans le cadre de ma carte? La question peut être discutée. Si on arrive à en reconnaître la présence, on les trouvera probablement dans la chaîne placée entre le Mont-Blanc et le grand Saint-Bernard. Pour le moment j'ai cru bien faire en m'abstenant de désigner sur ma carte une formation dont les limites de toutes espèces sont encore vagues.

Terrain houiller.

AF. 28. Ma carte présente encore de grandes différences avec les précédentes par le tracé du *terrain houiller*. L'histoire de la discussion qui s'est établie sur la présence de ce terrain en Savoie, et qui a duré plus de trente ans, pourra fournir d'utiles enseignements lorsqu'elle sera terminée.

Le terrain houiller est composé à sa partie inférieure de poudingues plus ou moins grossiers (poudingues de Valorsine); au-dessus on voit des schistes argileux renfermant de l'anthracite et les débris d'une nombreuse flore fossile identique à celle des véritables terrains houillers. On le trouve également formé d'une énorme série de grès plus ou moins micacés qui constituent, par exemple, le grand massif houiller des environs d'Aime en Tarentaise. Ces grès ont un caractère particulier qu'ils partagent avec les grès des terrains houillers des autres parties de la France et de la Forêt-Noire les plus rapprochées.

Le terrain houiller n'occupe pas une très-grande étendue dans la région que j'ai figurée, mais il se rencontre dans plusieurs localités, telles que: Taninge, Servoz, Valorsine, les Posettes près d'Argentières, Verneyaz dans la vallée du Rhône, Arêche, Petit-Cœur et le grand Saint-Bernard. Dans les environs d'Aime il forme tout le centre de la vallée et une partie des versants des montagnes entre le Mont-Plovezan et Pesey, sur la rive gauche de l'Isère. Il s'y trouve en couches verticales et mêmes renversées. Il est flanqué des deux côtés par le terrain triasique, lequel est flanqué à son tour par le terrain jurassique; c'est peut-être le terrain houiller qui paraît au chalet du Gibet, près du Grand-Bornand.

Le calcaire carbonifère manque dans cette région des Alpes.

On a souvent de la peine à préciser la limite du terrain houiller et des *schistes cristallins*, car dans l'un et l'autre de ces terrains on trouve des roches qui se ressemblent, et l'ordre de superposition est

quelquefois assez difficile à comprendre pour qu'il reste beaucoup de doutes.

Je ne saurai affirmer avec certitude qu'une portion de roches nommées ordinairement schistes cristallins appartienne au terrain houiller lui-même. D'après l'apparence des roches, la partie inférieure du terrain houiller a été certainement soumise à une action qui a changé le caractère sédimentaire qu'elle possédait primitivement. La partie supérieure des schistes cristallins paraît avoir supporté une action analogue, mais plus grande, qui a plus profondément modifié son caractère sédimentaire. En sorte que, malgré les doutes qui me restent, je ne serai pas disposé à ranger les schistes cristallins supérieurs dans le terrain houiller inférieur.

Mais ces schistes cristallins supérieurs se sont-ils formés avant ou après l'époque où les êtres organisés avaient des représentants à la surface de la terre? La question est très-controversée. Cependant il me semble que la présence du graphite et du calcaire dans quelques-unes des couches des schistes talqueux ou chloriteux indique que les êtres organisés ont assisté à la formation de ces roches et y ont laissé leurs dépouilles.

Quoique ces raisons ne soient pas très-fortes, elles nous conduisent cependant à classer la partie géologiquement supérieure des schistes cristallins du Mont-Blanc, des environs de Beaufort, etc., parmi les roches paléozoïques, ainsi que les terrains qui renferment des macles dans les environs du grand Saint-Bernard. Peut-être sont-ils le prolongement, bien éloigné il est vrai, du terrain silurien du Tyrol. La grande ressemblance dans les caractères minéralogiques qui existe entre ces formations et celles des terrains classés comme siluriens dans d'autres régions, et particulièrement en Angleterre, vient à l'appui de cette idée.

Les limites entre ces roches et celles qui sont au-dessus ou au-dessous d'elles ne sont pas assez tranchées pour que j'aie pu les indiquer par une couleur particulière.

Cet ensemble de couches passe insensiblement à sa partie inférieure à des roches plus cristallines, dont les diverses variétés de *gneiss* sont de bons types. Ce sont probablement des roches de sédiments déposées dans des conditions bien différentes de celles qui se trouvent dans la nature actuelle.

Schistes cristallins. AF. 29. Tous les *schistes cristallins* sont désignés par une seule teinte sur ma carte. On peut y voir qu'ils ont un très-grand dévelop-

pement sur le revers Nord-Ouest du massif du Mont-Blanc, tandis qu'ils manquent presque totalement sur le revers Sud-Est. La protogine ne se trouve donc pas entourée de tous les côtés par une ceinture de schistes cristallins.

AF. 30. J'ai indiqué par une teinte spéciale la *protogine*, qui joue un grand rôle dans les Alpes de la Savoie, quoique cette roche soit classée avec raison dans les granites. J'ai pensé que ce granite du Mont-Blanc avait un facies assez spécial pour mériter une couleur qui servît à la distinguer des autres roches de la même famille. Protogine.

On sait que l'origine et le mode de formation des roches granitiques sont fortement discutés, surtout depuis que l'on a observé qu'elles renferment des matières volatiles. Je ne veux pas entrer dans cette discussion maintenant; mais je tiens à constater qu'en plusieurs localités la protogine est traversée par des joints ou des fissures qui présentent une régularité qui n'est pas très-grande, il est vrai, mais que l'on ne saurait méconnaître. On voit bien ce mode de division dans la course quelque peu périlleuse que l'on fait en suivant la base des derniers rochers du Mont-Blanc, lorsqu'on va du col du Géant à l'Aiguille-du-Midi, et en parcourant le Val-Ferret piémontais.

J'ai donné une couleur différente de celle des protogines aux massifs de vrais *granites* et de *porphyres* [1] qui se trouvent dans le cadre de ma carte et qui sont placés à Valorsine, à Beaufort et dans la vallée de Poncellamont. J'ai encore donné cette même couleur à la roche remarquable connue sous le nom de gneiss porphyroïde de Cevins. Quelques-uns de ces granites et porphyres paraissent être plus récents que les protogines. Granites, porphyres.

AF. 31. Enfin, j'ai figuré quelques massifs de *serpentine*, ceux des environs du petit Saint-Bernard, découverts par **Hasenfratz**, qui paraissent liés à des quartzites triasiques, et celui encore bien peu connu des environs de Taninge, qui est au milieu d'un massif liasique. Serpentines.

On trouve encore quelques serpentines ou pierres ollaires sur les flancs du Mont-Blanc; elles sont en général placées dans les schistes cristallins, pas loin de leur jonction avec les protogines.

Telles sont les formations ou les roches qui constituent le sol de

AF. [1] Ces dernières roches sont en général des granites porphyroïdes plutôt que de vrais porphyres.

cette partie de la Savoie, du Piémont et de la Suisse dont la géologie m'a si longtemps occupé.

Quant aux questions générales de l'étendue des mers et de l'origine des montagnes, elles devraient être étudiées sur un plus grand espace que celui représenté sur ma carte.

Remarques générales sur le terrain des Alpes.

AF. 32. Je terminerai cependant en faisant deux remarques : et d'abord, je ne saurais voir des limites ou des rivages de la mer là où on les a indiqués; je ne saurais regarder comme un rivage la ligne où cessent le terrain néocomien, le terrain urgonien, le gault, la craie, le terrain nummulitique et le Macigno alpin le long de la chaîne des Alpes, car tous ces terrains se terminent par un escarpement énorme et d'une grande longueur dont fait partie celui des Fiz, montagne célèbre depuis **Alexandre Brongniart.** Tous ces terrains cessent à cet escarpement, et celui-ci est évidemment produit par une rupture et non par des rivages superposés. Il est donc éminemment probable que ces terrains étaient immédiatement après leur dépôt plus rapprochés qu'ils ne le sont de nos jours de l'emplacement occupé aujourd'hui par la chaîne des Alpes. Ont-ils recouvert cet emplacement comme il l'a été par le terrain triasique et par le terrain jurassique? On ne peut avoir de certitude à cet égard.

Quoique la nombreuse flore terrestre du terrain houiller nous permette de penser qu'à l'époque carbonifère il y avait dans cette région des Alpes une ou plusieurs îles, il faut remarquer que le terrain triasique et le terrain jurassique se trouvent sur le flanc même du Mont-Blanc et qu'ils ont été renversés par les roches cristallines qui en forment la plus grande partie. Ces terrains ont donc été probablement rompus par le soulèvement de ces roches. Mais les terrains plus récents (crétacés, etc.) sont plus éloignés de cette chaîne que les terrains jurassiques du côté du Nord, et ils le sont bien plus encore du côté du Midi, car on ne les retrouve que dans les environs de Varèse, en Lombardie. Il est donc difficile de comprendre si la mer, qui a déposé les roches crétacées de la Savoie, s'étendait sans rivage, des Fiz à Varèse par exemple, ou si une terre plus ou moins grande séparait alors la mer crétacée qui a déposé les terrains au Nord de la chaîne centrale, de celle qui a deposé ces mêmes terrains au Sud de cette chaîne.

En second lieu, je ne saurais signaler dans ces montagnes des discordances de stratification. Les contournements sont trop puissants, trop variés, et les renversements complets sont trop fréquents pour

que l'on puisse découvrir de ces discordances qui sont si précieuses dans d'autres pays. On voit cependant que le trias repose tantôt sur les schistes cristallins ou paléozoïques, tantôt sur le terrain houiller. Excepté ce fait, qui peut être regardé comme une discordance, on voit si peu de ces dernières, que toutes les formations, depuis la protogyne de la chaîne centrale jusqu'à la molasse tertiaire de la plaine suisse près de Genève, semblent avoir été façonnées par la même action et le même mouvement. Ce mouvement paraît avoir été produit dans les chaînes extérieures, non par des forces agissant de bas en haut, mais par des forces horizontales pressant latéralement la surface du globe et y déterminant des plis qui se sont parfois élevés à de très-grandes hauteurs. C'est au moins ce que l'on peut conclure de la forme des contournements.

A. FAVRE.

MATÉRIAUX

POUR

L'ÉTUDE DES GLACIERS.

OBSERVATIONS DIVERSES.[1]

Observations diverses par le guide Jaun.

DA. 1. Mon guide en chef *Hans Jaun* se rendait à des époques indéterminées de Meyringen au glacier inférieur de l'Aar (*Unter-Aar-Gletscher*). Accompagné d'un de ses camarades, ils étaient chargés de faire les observations suivantes :

Hauteur des neiges qui couvrent le sol dans la vallée de Hasle, depuis Meyringen jusqu'à la pente terminale du glacier.

Hauteur des neiges qui couvrent la surface du glacier.

Ablation de la surface du glacier.

Marche (progression) du glacier aux diverses stations transversales.

Février 1849.

DA. 2. **Février 1849.** Le 19, arrivée au Grimsel le soir, par une belle journée. Le lendemain il est tombé de la neige par vent très-fort et gougx, soufflant avec violence dans toutes les directions. Cette tourmente de vents et de neiges a régné sans interruption jour et nuit jusqu'au 23 au matin. La neige ancienne tassée, mesurée à la perche le 19 au soir, avait une hauteur de 2m. La neige fraichement tombée du 20 au 23 du matin, avait une hauteur de 1m,17; elle était poudreuse, farineuse et sèche. Le 25 elle s'était tassée à 1m de hauteur: la hauteur totale à la perche était alors de 3m.

DA. [1] Sous le titre *Observations diverses*, je transcris les recherches faites par mon guide-chef *Jaun*, non comme renseignements, mais comme matériaux exacts, auxquels on doit accorder toute confiance. Elles sont le resultat du savoir-voir et du savoir-observer d'un guide intelligent et consciencieux.

Par suite de cette chute de neige et du vent violent, il était impossible de se rendre sur le glacier.

Avril 1849. DA. 3. **Avril 1849.** Le 28, à *Guttanen*, la neige avait une hauteur de plus de 2^m. — A la *Handeck*, la neige dépassait le toit des chalets. *Jaun* dit : « Il ne me souvient pas d'avoir vu dans cette localité la neige aussi haute. » — Au *Rœderichsboden* la neige avait 3^m de hauteur. — Au *Grimsel*, à la perche, la hauteur de la neige tassée était de 3^m,50. — Dans de certaines parties où la neige est ventée (accumulée par le vent), sa hauteur était de 5^m à 6^m.

Au *glacier inférieur de l'Aar* (*Unter-Aar-Gletscher*) la neige tassée non ventée avait 3^m,50 de hauteur — Au *Grimsel*, au *Grimselboden*, dans l'*Aarboden* et sur *le glacier* depuis la pente terminale jusqu'à l'Abschwung, partout la même hauteur de 3^m,50.

Les fortes chutes de neige sont tombées cette année en mars et en avril.

Le 28 avril la neige était fortement tassée et l'époque du dégel allait commencer.

Juin 1849. DA. 4. **Juin 1849.** Le 26 juin la *moraine médiane* du glacier inférieur de l'Aar, depuis la pente terminale jusqu'à la ligne transversale du Pavillon au Grünberg était dégarnie de neige, et de cette station jusqu'à la ligne transversale de l'Abschwung, elle était partiellement à découvert. — Le glacier proprement dit, depuis la pente terminale jusqu'à la ligne du Pavillon, était partiellement couvert de neige; mais de cette station jusqu'à l'Abschwung la couverture était uniforme.

Tous les pieux qui se trouvent sur le glacier aux diverses stations pour mesurer l'ablation, et ceux qui servent pour observer la marche (le mouvement, la progression) ont été forés de nouveau à 2^m de profondeur.

Cette année il n'y a pas encore eu d'ablation, la surface du glacier étant encore couverte de neige.

L'avancement (la marche) du pieu-signal, de la *ligne transversale de la Bærenlamme* a été mesuré sur le pieu placé dans l'alignement le 12 août 1848. Marche totale 32^m,27. [1]

DA. [1] De toutes les lignes transversales organisées pour observer la marche du glacier inférieur de l'Aar, celle de la *Bærenlamme* est la seule qu'on peut observer dans toutes les saisons. Les croix (points fixes) sur les deux rives sont tracées sur des parois de roches verticales toujours débarrassées de neiges (découvertes). — En 1846, la marche

Les pieux-alignements du Pavillon au Grünberg et à la station de l'Abschwung n'ont pas pu être relevés; les croix (signaux) de rive droite n'étaient pas visibles à cause de la neige qui les couvrait.

DA. 5. **Août 1849.** Le 9, ablation au milieu du glacier, à la ligne transversale de la *Bærenlamme*. — Depuis le 27 juin (époque où le glacier à cette station commençait à laisser la surface à découvert), jusqu'au 9 août, $1^m,47$ d'ablation; soit en 43 jours $= 0^m,034$ ablation moyenne diurne. Août 1849.

DA. 6. **Septembre 1849.** Le 18, ablation du glacier au cirque du Finster-Aar, près du bloc n° 3, $0^m,37$. C'est l'ablation de cette année depuis la disparition de la neige. — En aval du cirque du Finster-Aar, près du bloc n° 5, ablation $0^m,40$. — En amont de l'Abschwung, glacier du Finster-Aar, près du bloc n° 6, du 15 août au 18 septembre, $0^m,40$ ablation $= 0^m,012$ en 24 heures. — A l'Abschwung, du 15 août au 18 septembre, $0^m,97$ ablation $= 0^m,026$ en 24 heures. — Ligne transversale de la Bærenlamme, du 15 août au 18 septembre, $1^m,07$ ablation $= 0^m,031$ en 24 heures. Septembre 1849.

DA. 7. **Janvier 1850.** Le 10, *Jaun*, accompagné d'un camarade, se rend au Grimsel. Ils quittent Meyringen à 4 heures du matin, par un très-beau temps. Jusqu'à Guttanen le chemin était frayé dans la neige. Janvier 1850.

Guttanen, hauteur de la neige, 1^m à $1^m,30$.
Handeck . . . . . $1^m,50$.
Grimsel . . . . . $1^m,80$.

Le 11, mauvais temps, neige et tempête. — Il a fallu battre en retraite. Le mauvais temps a continué jusqu'au 21 février; personne n'a passé par le Grimsel, et *Giovanni Cobassi*, qui séjournait l'hiver à l'hospice, n'a pas eu de visiteurs.

DA. 8. **Février 1850.** Le 21, *Jaun*, *Heinrich Bossli* et *Johannes Ott* quittent Meyringen à 4 heures du matin par beau temps. Le chemin était frayé dans la neige jusqu'à Guttanen. Février 1850.

A la Handeck la hauteur de la neige était de 4^m.

Au Grimsel, hauteur de la neige à la perche, $3^m,60$.

A de certaines places au Grimsel la neige ventée (accumulée par le vent) avait de 5^m à 6^m de hauteur.

totale, au milieu du glacier de cette station, était de $37^m,77$, soit $0^m,1035$ en moyenne en 24 heures. — Du 12 août 1848 au 26 juin 1849, l'avancement était de $32^m,27$ pour 318 jours, soit en moyenne $0^m,1000$ en 24 heures. — La différence est de $0^m,0024$ par 24 heures $= 0^m,876$ pour l'année.

Giovanni Cobassi, qui passe cette année l'hiver au Grimsel, a dit à *Jaun* que, par suite de pluie (ce qui est très-rare dans cette saison), la neige s'est beaucoup tassée et qu'elle avait, avant cette pluie, une hauteur telle, qu'il était impossible de débarrasser la fenêtre de la chambre où il se tenait, et qu'il se vit obligé d'éclairer le local avec une chandelle pendant plusieurs jours.

Le 21, *Jaun* et *Bossli* se rendent par beau temps au glacier inférieur de l'Aar.

Au Grimsel, dans le Grimselboden, dans l'Aarboden et sur le glacier jusqu'à la ligne transversale du Pavillon au Grünberg, la hauteur de la neige est de $3^{m},60$.[1]

Les guides sont montés au Pavillon sur les pentes de neige bien plus facilement qu'en été; pour descendre ils ont glissé sur la pente et fait ce qu'ils appellent un *Rutsch*.

La terrasse devant le Pavillon, côté Sud, était complétement débarrassée de neige que le vent enlevait au moment même de la chute. Les autres côtés totalement enneigés.

Les observations de progression du glacier n'ont pas pu se faire à cause du vent, qui était très-fort. — Les guides ne se sont pas rendus à l'Abschwung, parce qu'ils craignaient une tourmente de neige. Le lendemain les guides, chacun avec une charge de fromage et d'eau-de-vie pesant 25 kilogrammes[2], ont quitté l'hospice et sont rentrés sains et saufs à Meyringen.

De fin octobre jusqu'en mai, un domestique séjourna pendant l'hiver à l'hospice du Grimsel. — *Jaun* y a passé les hivers de 1841, 1842, 1845, et ils disent que jamais ils n'ont vu la neige qui couvre le sol et les glaciers aussi haute que cette année (1850). — C'est surtout en amont de la Handeck, entre les deux ponts, que la neige avait une grande hauteur.

Giovanni Cobassi, qui a séjourné plusieurs hivers à l'hospice et qui s'y trouvait en 1850, dit que jamais il n'a vu tomber la neige en si grande abondance que cette année, et que le *gougx*, vent impétueux,

DA. [1] Pour observer la hauteur de la neige on y enfonçait la tige en fer du perçoir dont on se sert ordinairement pour forer les trous dans la glace. Mes gens sont habitués à son transport.

DA. [2] Cette charge de 25 kilogrammes, transportée en janvier, quand on enfonçait dans la neige jusqu'aux genoux, n'étonnera pas les amis glacialistes, qui ont vu les guides de hautes régions de l'Oberland, dans certaines ascensions, porter des touristes sur leur *Ræff*, et, malgré cette charge, aider les autres grimpeurs de leurs mains dans les passages difficiles.

féroce, a régné en souverain des journées et des nuits entières. Il a ajouté qu'un jour, en se rendant dans le Grimselboden en suivant des traces de chamois dans la neige, il a été surpris par une tourmente dont il gardera le souvenir pendant toute sa vie. Il a mis trois heures de temps pour retourner du Grimselboden à l'hospice, dont la distance n'est que d'un kilomètre. Le vent était si fort qu'il fallait littéralement s'enterrer dans la neige pour ne pas être emporté comme une plume, et c'est dans les moments de calme plat qui surviennent toutes les quelques minutes et qui durent quelques secondes, qu'il a pu faire plusieurs pas et s'enterrer de nouveau.

Le 21 février 1850, *Jaun*, *Bossli* et *Ott*, dans leur course au Grimsel, en arrivant au Ræderichsboden, furent étonnés de voir la neige couverte à sa surface d'une matière poudreuse de couleur grise rougeâtre; non-seulement dans ce Boden la surface de la neige avait cette teinte, mais celle qui couvrait le Nægelisgræthli et d'autres pics avait la même couleur. Arrivés à l'hospice, *Giovanni Cobassi*, qui y passait l'hiver, leur dit que déjà depuis quelques jours il avait remarqué cette coloration de neige le lendemain d'une journée de vent et de pluie, ce qui est une exception dans cette saison. — Le lendemain, dans le bassin du glacier de l'Aar, les guides ont observé que toute la neige avait cette même teinte, et que ce coloris s'étendait jusqu'aux pics du Finster-Aarhorn et des Schreckhœrner.[1]

DA. 9. **Mai 1850.** De Meyringen jusqu'à Guttanen la surface du sol était à découvert; il ne restait plus à Guttanen que quelques taches de neiges ventées. Le sol était encore couvert uniformément en amont de Guttanen, depuis le deuxième pont sur l'Aar. Mai 1850.

A la Handeck, hauteur de neige. .	$1^m,95$.
Au Ræderichsboden.	$2^m,10$.
Au Grimsel.	$3^m,40$
Au Grimselboden.	$3^m,35$

Le 23, mauvais temps, pluie et neige toute la journée.

Le 24, beau temps.

Auprès des chalets de l'Aarboden, un peu en aval de la pente terminale du glacier, la neige qui couvrait le sol avait $1^m,20$ de hauteur, soit $2^m,10$ de moins qu'au Grimsel.[2]

DA. [1] Autant qu'il m'en souvient, il y a eu à cette même époque erruption volcanique en Italie, et il est plus que probable que ces poudres qui couvraient la neige étaient des cendres volcaniques transportées dans l'atmosphère.

DA. [2] Les chutes de neige sont très-variables, non-seulement par suite de différences

10 octobre, brouillard, observation impossible.

Du 6 septembre au 2 octobre	3m,92
30 jours depuis l'organisation	3m,92
Moyenne par 24 heures	0m,1507
6 au 14 sept. 1m,21 — 8 jours moyenne par 24 heures .	0m,1512
14 au 23 sept. 1m,36 — 9 jours moyenne par 24 heures .	0m,1511
23 sept. au 2 oct. 1m,35 — 9 jours moyenne par 24 heures .	0m,1500

Février 1855. DA. 11. **Février 1855.** Le 9 *Jaun* part de Meyringen par beau temps; il est surpris par une tourmente à la Handeck et arrive avec grande peine au Grimsel.

Hauteurs des neiges.

Meyringen	0m,42
Im Grund	0m,42
Im Boden	1m,15
Guttanen	1m,30
Handeck	2m,85
Grimselboden	3m,00
Grimsel (à la perche)	3m,20
Aarboden et sur le glacier jusqu'au Pavillon	3m,20

Le 10, *Jaun* et son camarade se rendent à la pente terminale du glacier inférieur de l'Aar, et munis de pelles, ils débarrassent la neige à l'emplacement où se trouvait l'écoulement de l'eau l'automne passé. Ils arrivent au sol, qui est tout-à-fait sec, et nulle part on ne remarque de l'eau. Les guides ont cherché à pénétrer sous le glacier par la voûte, mais elle était complétement fermée. — Ils se sont rendus sur le glacier, qu'ils ont trouvé uniformément couvert de neige tassée de 3m,20 de hauteur.

Impossible d'observer la marche du glacier aux différentes stations transversales; les signaux sont enneigés, et exceptionnellement à la station de Bærenlamme la roche est couverte de neige fine : on ne voit pas les croix.

Mars 1855. DA. 12. **Mars 1855.** Le 3 mars, *Jaun* part de Meyringen par beau temps et est surpris à Guttanen par une tourmente qui dure jusqu'à son arrivée à l'hospice.

Hauteurs des neiges.

Meyringen	0m,15
Im Boden	1m,00
Guttanen	1m,20
Handeck	3m,00

Rœderichsboden . . 3m,50
Grimsel (perche) . . 3m,60

Du 4 au 8 mars, mauvais temps.

Le 13 mars, l'avalanche du Kessi-Thurn est tombée et s'est étendue jusqu'au mur au Sud de l'hospice sans cependant entamer le bâtiment.[1]

Jaun a séjourné au Grimsel du 4 au 15 mars et a fait les observations météorologiques suivantes :

DATES.	TEMPÉRATURES DE L'AIR.			VENTS.	ÉTAT DU CIEL.	
Mars 1855.	Soleil levant	Midi	Soleil couch'		Diurne.	
4	— 2,0	0,0	— 3,0	0,0	1,0	Neige.
5	—10,0	—1,0	— 5,0	S 1	1,0	Neige.
6	— 4,0	—1,0	— 3,0	S 1	1,0	Neige.
7	— 6,0	—2,0	— 7,0	0,0	1,0	Neige.
8	—15,0			0,0	0,0	Découvert.
9	—11,0	—9,0	—12,0	● 5	1,0	Tourmente, neige.
10	—13,0	—9,0	—12,0	● 5	1,0	Tourmente, neige.
11	—16,0	—8,0	—16,0	● 5	1,0	Tourmente, neige.
12	—11,0	—8,0	— 4,0	● 5	1,0	Tourmente, neige.
13	— 7,0	—8,0	— 8,0	V 1	0,5	Moitié couvert.
14	— 9,0	—3,0	—10,0	V 1	0,5	
15	— 7,0	?	?	?	?	

Jaun avait pour mission spéciale, dans cette course au mois de mars, de séjourner à l'hospice pendant quelques jours et de profiter d'une belle journée pour couper des blocs de neige tassée de 0m,50 de côté et 0m,20 de hauteur, successivement depuis la surface jusqu'au sol. Des blocs de $0^m,50 \times 0^m,50 \times 0^m,20 = 50,000$ centimètres cubes, soit $^1/_{20}$ de mètre cube ; de les faire fondre dans la chambre, dans le

DA. [1] Il me souvient que *Jaun* m'a raconté que, pendant un hiver qu'il a séjourné au Grimsel au printemps, une très-forte avalanche est tombée de ce même couloir qu'on appelle Kessi-Thurn, et qu'elle a enlevé un pan du mur du côté Sud de l'hospice. — Au nouvel hospice, rebâti il y a quelques années, le mur du Sud a aujourd'hui 2m d'épaisseur, pour parer au choc des avalanches.

grand plateau métrique en tôle, et de mesurer l'eau de fonte. Par ce moyen on obtenait la pesanteur spécifique de la neige de $0^m,20$ à $0^m,20$ de surface à sol. Cette recherche a été consciencieusement faite en se servant pour la mesure d'un vase en verre contenant un pot fédéral soit $1^{litre},50$, et pour les fractions d'une éprouvette en verre de $0^{litre},1$ divisé en centièmes. Le tableau suivant renferme le résultat de ces observations. Les cubes d'un vingtième de mètre cube ont été portés par le calcul à 1^m cube.

Tableau du poids de la neige tassée de surface à sol, de $0^m,20$ à $0^m,20$ successivement.

(14 Mars 1855.)

Poids de la neige tassée de surface à sol. (14 Mars 1855.)

DA. 13.

PROFONDEUR depuis surface.	EAU DE FONTE de 1^m cube de neige.	
MÈTRES.	LITRES.	On voit, d'après ce tableau, que le poids d'un mètre cube a augmenté de surface à $2^m,40$ de $483^{lit.},60$ à $491^{lit.},20$, et de $2^m,40$ à $3^m,60$ le poids a été invariable. — La neige était sèche partout. [1]
0,20	185,60	
0,40	270,95	
0,60	300,00	
0,80	301,80	
1,00	367,50	
1,20	391,80	La moyenne du poids de cette neige tassée est de 449 kilogr. le mètre cube.
1,40	420,00	
1,60	440,65	
1,80	472,50	Les $3^m,60$ de hauteur de cette neige correspondent à une hauteur d'eau de $1^m,508$.
2,00	472,50	
2,20	480,00	
2,40	491,20	
2,60	491,20	
2,80	491,20	
3,00	491,20	
3,20	491,20	
3,40	491,20	
3,60	491,20	

DA. [1] *Jaun* avait mission d'observer la température de la neige. Il est à regretter que cette observation n'ait pas été faite.

DA. 14. *Renseignements par Melchior Rieder, qui a séjourné l'hiver 1854-1855 à l'hospice du Grimsel.*

Renseignements du guide *Melchior Rieder* (hospice du Grimsel). 1854-1855.

Le 26 septembre 1854 les vaches ont quitté le Grimsel et ont été mises au pâturage près d'Im-Hof (vallée de Hasle).

Le 15 octobre les chèvres ont quitté le Grimsel.

Bétail qui a passé l'été au Grimsel :

27 vaches — 128 chèvres — 340 moutons — 30 jeunes boucs qu'on tue dans l'année — 11 porcs — 5 genisses — 5 chevaux.

Domestiques de l'hospice :

20 hommes — 12 servantes — 10 garçons.

40 chambres à coucher à 2 lits chacune.

Le 17 octobre la *famille Frütiger* a quitté l'hospice pour rentrer dans sa propriété à Bottingen, près Im-Hof (vallée de Hasle).

Au mois d'octobre il a encore passé 30 touristes au Grimsel.

Jusqu'au 26 novembre, les gens du pays ont passé au Grimsel, les voies de communication avec le Valais étaient ouvertes. Ce sont principalement des marchands de bétail qui font ce trajet, souvent par société de 10 à 15 hommes. — Pendant douze jours en décembre, par suite de la tourmente, le passage était complétement interrompu.

Le 8 juin 1855, la *famille Frütiger* et les domestiques se sont installés au Grimsel.

Le 24 juin, les chevaux sont arrivés.

Le 21 juillet, les vaches et les chèvres sont arrivées.

Le 26 mai sont arrivés les deux premiers touristes, et il en a passé encore trois jusqu'au 8 juin. — Du 1er juillet jusqu'au 10 août, le soir, toutes les chambres étaient occupées par des touristes, et fort souvent on manquait de logements.

Pendant cette campagne, de novembre à juin, *Melchior Rieder* a hébergé 280 personnes gratis et 600 payantes.

Cette année était une année exceptionnelle pour les chutes de neige, surtout dans le Valais il en est tombé beaucoup : au dire des Valaisans, plusieurs fois 2^{m} de hauteur en 24 heures.

Le 13 mars, à 11 heures du matin, une avalanche est tombée du *Kessi-Thurn*, faisant un épouvantable vacarme; elle a atteint le côté Sud de l'hospice sans endommager les murs.

Le domestique qui passe l'hiver au Grimsel a pour compagnon un chien de garde.

L'occupation consiste à soigner, héberger et secourir les voyageurs; scier et fendre du bois, et comme distraction pendant les grands

froids, à se livrer à la fabrication de chandelles de suif. La totalité numérique se monte à peu près à 1500 chandelles de six à la livre.

Chutes de neige au Grimsel. (1854-1855.)

DA. 15. *Melchior Rieder*, pendant son séjour à l'hospice du Grimsel (hiver 1854-1855), était chargé d'observer les chutes de neige fraîchement tombée en 24 heures, de vérifier la hauteur de neige totale à la perche et d'inscrire régulièrement l'état du ciel. Ce guide ne possédant pas le savoir-faire pour lire les températures de l'air, il a fallu renoncer à ces observations. Je transcris en tableaux les observations qui méritent toute confiance sous le rapport des chiffres, et dont une grande partie a été contrôlée par mon guide en chef *Jaun*.

L'observation des chutes de neige et les chiffres de hauteur à la perche sont rigoureusement exactes. — Mon guide-chef *Jaun* a fait plusieurs courses en hiver (1854-1855) à l'hospice du Grimsel, et il m'a assuré que ces observations ne laissaient rien à désirer. — L'état du ciel, la direction et la force du vent sont *approximativement* la moyenne en 24 heures, et sont en météorologie de simples renseignements.

Chutes de neige au Grimsel (1854-1855).[1]

Octobre 1854.						Novembre 1854.					
JOURS.	Chutes de neige.	Total des chutes.	Hauteur à la perche.	Vents.	ÉTAT DU CIEL.	JOURS.	Chutes de neige.	Total des chutes.	Hauteur à la perche.	Vents.	ÉTAT DU CIEL.
15	0m,08	0m,08	0m,08	S 2	1,0 Neige.	1	0m,42	0m,78	0m,40	S 1	1,0 Br., neige.
16	0,05	0,13	0,12	S 2	1,0 Neige.	2	0,20	0,98	0,57	● 5	1,0 Gougx, neige.
17			0,12	0	0,0 Découvert.	3	0,13	1,11	0,70	● 5	1,0 Gougx, neige.
18	0,05	0,18	0,16	O 2	1,0 Neige.	4	0,12	1,23	0,81	S 2	1,0 Neige.
19			0,08	0	1,0 Pluie.	5			0,72	0	1,0 Couvert.
20			0,08	0	0,0 Découvert.	6			0,68	O 1	1,0 Brouillard.
21			0,05	0	1,0 Couvert.	7			0,49	0	1,0 Couvert.
22			0,00	O 1	1,0 Couvert.	8	0,15	1,38	0,62	0	1,0 Br., neige.
23	0,11	0,29	0,09	S 1	1,0 Br., neige.	9			0,56	S 2	1,0 Couvert.
24	0,07	0,36	0,15	S 2	1,0 Br., neige.	10	0,28	1,66	0,82	S 1	1,0 Neige.
25			0,11	0	0,0 Découvert.	11	0,15	1,81	0,96	S 2	1,0 Brouillard.
26			0,08	0	0,0 Découvert.	12	0,70	2,51	1,60	● 5	1,0 Gougx, neige.
27			0,04	0	0,0 Découvert.	13	0,30	2,81	1,88	● 5	1,0 Gougx, neige.
28			0,00	0	0,0 Découvert.	14			1,78	0	0,0 Découvert.
29			0,00	0	0,2	15			1,70	0	1,0 Couvert.
30			0,00	0	1,0 Couvert.	16	0,07	2,88	1,76	S 2	1,0 Br., neige.
31			0,00	S 1	1,0 Couvert.	17	0,06	2,94	1,82	O 1	1,0 Neige.
						18			1,74	0	0,2
						19			1,66	0	0,0 Découvert.
					Le 13 octobre : première chute de neige.	20			1,50	S 3	1,0 Couvert.
						21			1,50	S 2	1,0 Couvert.
					Les chutes de neige n'ont pas persisté sur le sol en octobre.	22			1,47	S 1	1,0 Couvert.
						23			1,45	S 1	1,0 Couvert.
						24			1,43	S 1	1,0 Couvert.
						25	0,35	3,29	1,76	0	0,0 Découvert.
						26			1,70	0	0,2
						27			1,65	0	0,3
						28			1,60	0	0,5
						29	0,25	3,54	1,70	● 5	1,0 Gougx, neige.
						30	0,60	4,14	2,02	● 5	1,0 Gougx, neige.
	0,36	0,36	0,0				3,78	4,14	2,02	1,66	0,08

[1] Observations par le guide *Melchior Rieder* :

Vents. 0 Calme. — 1 Faible. — 2 Moyen. — 3 Fort. — 4 Très-fort. — ● 5 Gougx (tourmente).

État du ciel. 0,0 Totalement découvert. — 0,5 Moitié couvert. — 1,0 Totalement couvert.

Chutes de neige au Grimsel (1854-1855).

Décembre 1854.						Janvier 1855.					
JOURS.	Chutes de neige.	Total des chutes.	Hauteur à la perche.	Vents.	ÉTAT DU CIEL.	JOURS.	Chutes de neige.	Total des chutes.	Hauteur à la perche.	Vents.	É
1	0m,30	4m,44	2m,20	S 2	1,0 Neige.	1	0m,20	7m,89	3m,30	● 5	1,0
2	0,41	4,85	2,58	S 1	1,0 Neige.	2	0,25	8.14	3,40	● 5	1,0
3	0,13	4,98	2,60	S 1	1,0 Neige.	3			3,30	S 3	0,5
4			2,60	O 1	0,5 Chaud.	4			3,20	0	0,0
5			2,28	0	0,0 Découvert.	5			3,20	0	0,0
6			2,24	S 1	1,0 Brouillard.	6			3,15	0	0,9
7	0,18	5,16	2,40	S 1	1,0 Neige.	7			3,12	0	0,0
8			2,38	S 2	1,0 Couvert.	8			3,10	0	0,0
9			2,36	S 1	1,0 Couvert.	9			3,10	0	0,0
10	0,28	5,44	2,48	● 5	1,0 Gougx, neige.	10			3,08	0	0,2
11			2,43	0	1,0 Couvert.	11			3,06	0	0,3
12			2,38	0	1,0 Couvert.	12			3,05	0	0,0
13			2,34	0	0,0 Découvert.	13			3,04	0	0,0
14	0,10	5,54	2,40	0	1,0 Neige.	14			3,04	0	0,0
15	0,35	5,89	2,65	S 1	1,0 Br., neige.	15			3,00	V 2	0,5
16			2,50	S 2	1,0 Couvert.	16	0,44	8,59	3,38	● 5	1,0
17	0,19	6,08	2,60	● 5	1,0 Gougx, neige.	17	0,07	8,66	3,30	V 2	1,0
18	0,30	6,38	2,70	S 2	1,0 Br., neige.	18			3,25	0	0,0
19	0,03	6,41	2,70	S 1	1,0 Br., neige.	19			3,20	S 2	1,0
20			2,70	S 2	1,0 Brouillard.	20			3,20	V 3	1,0
21			2,65	S 1	1,0 Couvert.	21			3,20	S 1	0,3
22			2,60	S 3	1,0 Couvert.	22	0,03	8,69	3,23	S 1	1,0
23	0,35	6,76	2,90	● 5	1,0 Gougx, neige.	23			3,20	S 2	1,0
24	0,39	7,15	3,20	● 5	1,0 Gougx, neige.	24			3,15	S 1	1,0
25			3,15	S 2	1,0 Couvert.	25			3,15	S 2	1,0
26			3,08	0	1,0 Couvert.	26	0,18	8,87	3,30	0	0,3
27	0,12	7,27	3,20	E 1	1,0 Brouillard.	27			3,10	0	0,0
28	0,37	7,64	3,40	● 5	1,0 Gougx, neige.	28			3,06	0	0,2
29	0,05	7,69	3,40	S 1	1,0 Neige.	29			3,05	0	0,5
30			3,30	0	1,0 Couvert.	30			3,03	S 1	1,0
31			3,20	S 2	1,0 Brouillard.	31	0,20	9,07	3,20	S 2	1,0
	3,55	7,69	3,20	1,68	0,92		1,37	9,07	3,20	1,20	0,4

Chutes de neige au Grimsel (1854-1855).

Février 1855.						Mars 1855.					
JOURS.	Chutes de neige.	Total des chutes.	Hautr à la perche.	Vents.	ÉTAT DU CIEL.	JOURS.	Chutes de neige.	Total des chutes.	Hautr à la perche.	Vents.	ÉTAT DU CIEL.
1	0m,05	9m,12	3m,20	S 2	1,0 Br., neige.	1	»	10m,04	3m,45	S 2	1,0 Couvert.
2			3,20	S 1	1,0 Brouillard.	2	0m,02	10,06	3,45	O 3	1,0 Neige.
3			3,20	S 1	1,0 Couvert.	3	0,08	10,14	3,51	S 3	1,0 Neige.
4			3,15	S 1	1,0 Couvert.	4	0,09	10,23	3,60	0	1,0 Neige.
5	0,10	9,22	3,25	● 5	1,0 Gougx, neige.	5	0,11	10,34	3,65	0	0,5 Neige la nuit.
6			3,25	S 2	1,0 Couvert.	6			3,60	S 1	1,0 Couvert.
7			3,20	O 2	1,0 Brouillard.	7	0,06	10,40	3,60	0	1,0 Neige.
8			3,20	O 2	1,0 Brouillard.	8	0,06	10,46	3,65	0	0,5 Neige la nuit.
9			3,20	O 1	1,0 Brouillard.	9	0,10	10,56	3,65	● 5	1,0 Neige, gougx.
10			3,18	0	0,0 Découvert.	10	0,12	10,68	3,70	● 5	1,0 Neige, gougx.
11			3,15	S 1	1,0 Couvert.	11	0,04	10,72	3,70	● 5	1,0 Neige, gougx.
12	0,05	9,27	3,18	S 1	1,0 Neige.	12	0,45	11,17	4,00	● 5	1,0 Neige, gougx.
13	0,05	9,32	3,20	● 5	1,0 Gougx, neige.	13			3,92	● 5	1,0 Gougx.
14			3,20	S 1	1,0 Couvert.	14			3,85	● 5	1,0 Gougx.
15			3,20	● 5	1,0 Gougx.	15			3,82	O 1	0,2
16			3,10	E 1	0,0 Découvert.	16			3,75	O 3	1,0 Couvert.
17			3,10	S 1	1,0 Couvert.	17	0,03	11,20	3,75	S 1	0,5 Neige la nuit.
18	0,19	9,51	3,35	S 2	1,0 Neige.	18			3,70	S 1	0,3
19	0,28	9,79	3,50	S 1	1,0 Neige.	19	0,07	11,27	3,70	S 2	1,0 Neige.
20			3,48	S 2	1,0 Couvert.	20			3,65	0	0,0 Découvert.
21	0,14	9,93	3,55	S 1	1,0 Neige.	21			3,60	0	0,5
22	0,07	10,00	3,55	0	0,0 Neige la nuit.	22	0,04	11,31	3,60	0	1,0 Neige.
23			3,55	0	0,0 Découvert.	23	0,10	11,41	3,70	S 1	1,0 Neige.
24			3,53	0	1,0 Couvert.	24	0,10	11,51	3,80	S 1	0,5 Neige la nuit.
25			3,51	0	1,0 Couvert.	25			3,95	0	1,0 Couvert.
26			3,50	S 1	1,0 Couvert.	26			3,90	0	1,0 Couvert.
27	0,04	10,04	3,50	0	0,0 Neige la nuit.	27	0,15	11,66	4,00	S 2	1,0 Neige.
28			3,50	V 1	0,0 Découvert.	28			4,00	S 1	0,2
						29			3,90	0	1,0 Brouillard.
						30	0,06	11,72	3,95	S 1	0,5 Neige la nuit.
						31			3,90	S 1	0,2
	0,97	10,04	3,50	1,43	0,78		1,68	11,72	3,90	1,74	0,77

HAUTEUR DES NEIGES.

Le 9 Février 1855.

Meyringen	0m,42
Im Grund	0,42
Im Boden	1,15
Guttanen	1,30
Handeck	2,85
Grimselboden	3,00
Grimsel (à la perche)	3,20
Glacier jusqu'au Pavillon	3,20

Le 3 Mars 1855.

Meyringen	0m,15
Im Boden	1,00
Guttanen	1,20
Handeck	3,00
Rœderichsboden	3,50
Grimsel (perche)	3,60

Chutes de neige au Grimsel (1854-1855).

Avril 1855.						Mai 1855.					
JOURS.	Chutes de neige.	Total des chutes.	Hautr à la perche.	Vents.	ÉTAT DU CIEL.	JOURS.	Chutes de neige.	Total des chutes.	Hautr à la perche.	Vents.	ÉTAT I
1		11m,72	3m,85	● 5	1,0 Gougx.	1		13m,10	3m,00	S 1	0,7
2	0m.10	11,82	3,95	S 3	1,0 Neige.	2			2,95	S 3	0,8
3			3,85	0	0,2	3			2,90	S 2	1,0 Couv
4	0,05	11,87	3,90	0	1,0 Neige.	4			2,80	S 3	1,0 Couv
5	0,15	12,02	4,05	S 1	0,5	5	0m,04	13,14	2,80	S 3	1,0 Pluie
6			3,85	0	0,0 Découvert.	6			2,70	0	1,0 Brou
7			3,75	O 2	1,0 Couvert.	7	0,06	13,20	2,75	0	1,0 Br.,
8			3,70	O 2	1,0 Couvert.	8			2,70	S 1	1,0 Brou
9			3,70	● 5	1,0 Gougx.	9			2,70	● 5	1,0 Goug
10	0,42	12,44	4,10	● 5	1,0 Gougx. neige.	10			2,70	● 5	1,0 Goug
11	0,16	12,60	4,25	● 5	1,0 Gougx. neige.	11			2,70	S 3	0,5
12	0,25	12,85	4,46	● 5	1,0 Gougx. neige.	12			2,70	S 4	1,0 Couv
13			4,30	S 3	0,2	13	0,04	13,24	2,74	S 2	1,0 Br.,
14			4,05	S 1	0,0 Découvert.	14	0,12	13,36	2,85	S 1	1,0 Br.,
15			3,90	O 1	0,1	15	0,07	13,43	2,90	S 1	1,0 Br.,
16			3,70	0	0,0 Découvert.	16			2,90	S 2	1,0 Brou
17			3,60	S 1	0,0 Découvert.	17			2,90	● 5	1,0 Goug
18			3,50	S 1	0,0 Découvert.	18	0,09	13,52	2,97	S 1	1,0 Neige
19			3,40	S 3	0,0 Découvert.	19	0,10	13,62	3,00	● 5	1,0 Neige
20			3,20	0	0,0 Découvert.	20			3,06	V 1	1,0
21			3,15	0	1,0 Brouillard.	21			3,00	S 3	1,0 Couve
22			3,05	0	1,0 Brouillard.	22			2,90	S 3	1,0 Couve
23			3,00	● 5	1,0 Gougx.	23			2,80	0	1,0 Couve
24			3,00	● 5	1,0 Gougx.	24			2,60	0	0,0 Décou
25			3,00	● 5	1,0 Gougx.	25			2,50	S 1	0,0 Décou
26	0,20	13,05	3,20	● 5	1,0 Gougx.	26			2,35	S 1	0,2
27	0,05	13,10	3,24	0	0,3 Neige la nuit.	27			2,17	S 3	0,5
28			3,01	0	1,0 Couvert.	28			2,10	S 1	1,0 Br.,
29			3,01	0	1,0 Brouillard.	29			2,00	S 1	0,5
30			3,01	S 3	1,0 Couvert.	30			1,95	0	1,0 Pluie.
						31			1,83	S 1	1,0 Pluie.
	1,38	13,10	3,01	2,20	0,64		0,52	13,62	1,83	2,0	0,85

Chutes de neige au Grimsel (1854-1855).

Juin 1855.

Chutes de neige.	Total des chutes.	Hauteur à la perche.	Vents.	ÉTAT DU CIEL.
	13,m62	1m,70	S 3	0,0 Découvert.
		1,60	S 3	1,0 Pluie.
		1,50	S 1	0,2
		1,40	S 1	0,0 Découvert.
		1,26	0	0,0 Découvert.
		1,13	S 1	0,0 Découvert.
		1,01	0	0,0 Découvert.
		1,00	0	0,5
		0,97	0	0,0 Découvert.
		0,84	0	0,0 Découvert.
		0,60	S 1	0,0 Découvert.
		0,48	S 1	0,0 Découvert.
		0,34	S 3	1,0 Couvert.
		0,15	0	0,0 Découvert.
		0,05	S 2	0,5
		0,00	0	0,0 Découvert.
	13.62	0,00	0.94	0,19

Chutes de neige au Grimsel (1854-1855).

DÉCADES OCTOBRE A JUIN.

MOIS	DÉCAD.	Chutes de neige.	Total des chutes.	Haut. à la perche.	Vents Force	Clarté du ciel.
Octobre. . . .	1	0m,00	0m,00	0m,00	?	?
	2	0,18	0,18	0,16	?	?
	3	0,18	0,36	0,00	0m,46	0m,56
Novembre . .	1	1,30	1,66	0,82	1,70	1,00
	2	1,28	2,94	1,50	1,80	0,82
	3	1,20	4,14	2,02	1,36	0,70
Décembre. . .	1	1,30	5,44	2,18	1,50	0,85
	2	0,97	6,41	2,70	1,30	0,90
	3	1,28	7,69	3,20	2,27	1,00
Janvier. . . .	1	0,45	8,14	3,08	1,30	0,27
	2	0,52	8,66	3,20	1,40	0,45
	3	0,41	9,07	3,20	0,91	0,66
Février. . . .	1	0,15	9,22	3,18	1,70	0,90
	2	0,57	9,79	3,48	2,00	0,90
	3	0,25	10,04	3,50	0,37	0,50
Mars.	1	0,62	10,66	3,70	1,90	0,90
	2	0,61	11,27	3,65	2,80	0,70
	3	0,45	11,72	3,90	0,63	0,72
Avril.	1	0,72	12,44	4,10	2,30	0,77
	2	0,41	12,85	4,46	2,00	0,23
	3	0,25	13,10	3,01	2,30	0,93
Mai	1	0,10	13,20	2,70	2,30	0,95
	2	0,42	13,62	3,00	2,50	0,95
	3	0,00	13,62	1,83	1,30	0,65
Juin	1	0,00	13,62	0,84	0,90	0,17
	2	0,00	13,62	0,00	1,00	0,25
	3	0,00	13,62	0,00	?	?

OCTOBRE A JUIN.

ANNÉES.	Hauteur Eau de neige.	Hauteur Eau de pluie.	Haut Eau Tota
Saint-Bernard.	626mm	219mm	845
Genève	?	?	842

CLARTÉ MOYENNE.

Au Grimsel 0,65
Au Saint-Bernard . . . 0,63

VENTS (Force Moyenne).

Au Grimsel 1,58
Au Saint-Bernard . . . 1,60

CHUTES DE NEIGE.

Au Grimsel 13m,62
Au Saint-Bernard . . 8m,20

Différence. . . 5m,42

DENSITÉ DE LA NEIGE.

Au Grand Saint-Bernard, chutes fraîches de neige moyenne le mètre cube 80 kilogrammes, soit 0,((Eau = 1000.)

Une hauteur de chutes de neige fraîche (non ta mesurée à fur et à mesure des chutes) de 12m,5, respond à 1m de hauteur d'eau.

Première chute de neige persistante sur le sol à l'hospice du Grimsel le 1er novembre 1854.

Dernière chute de neige le 19 mai 1855.

Chutes totales 13m,62 mesurées matin et soir.

Hauteur des neiges à la perche, maximum 4m,46 le 12 avril

Le 21 mai, hauteur à la perche 3m,06.

Le 17 juin sol à découvert, la neige complétement fondue.

La neige s'est fondue du 21 mai au 17 juin, avec écoulement d'eau au contact avec le sol dans l'espace de 25 jours. Fi moyenne diurne (24 heures) 0m,122.

Poids de la neige tassée de surface à sol de 20 centimètres en 20 centimètres, le 14 mars 1855 (voy. page 506).

Saint-Bernard :

29 *Juillet*. Le lac a été entièrement dégelé. — Les 9/10 du sol des environs de l'hospice sont encore couverts de neige. Eau de pluie du mois, 57mm.

Août. Eau de pluie du mois, 46mm.

Septembre. Eau de pluie du mois, 63mm.

Chutes de neige au Grand Saint-Bernard (1854-1855).

DÉCADES OCTOBRE A JUIN.

Mois	Décad.	Chutes de neige.	Total des chutes.	Différ. avec le Grimsel	Météorologie. Extrêmes. Maxim.	Extrêmes. Minim.	Moyennes des extrêmes. Maxim.	Moyennes des extrêmes. Minim.	Moyen. diurne.	Force des Vents.	Clarté du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Densité de la neige.
		m	m	mm								mm	
tobre. . . .	1	0,040	0,040	+ 40	9°,5	−0°,8	5°,7	0°,7	3°,2	1,0	0,57	10,3	Pluie
	2	0,500	0,540	+320	0,2	−7,7	−1,9	−4,2	−3,0	2,0	0,93	48,5	0,097
	3	0,475	1,015	+295	6,3	−8,5	−0,1	−4,2	−2,2	1,3	0,44	46,9	0,091
embre. . .	1	0,273	1,288	-1037	5,9	−16,4	−3,6	−8,5	−6,0	1,8	0,51	26,1	0,096
	2	0,443	1,731	−837	−4,0	−16,9	−7,2	−11,2	−9,2	2,1	0,66	37,8	0,085
	3	0,729	2,460	−471	−4,9	−15,3	−8,6	−11,8	−10,2	1,8	0,74	51,7	0,071
embre. . .	1	0,367	2,827	−933	0,0	−16,9	−6,5	−10,5	−8,5	1,7	0,74	31,5	0,085
	2	0,091	2,918	−879	−2,3	−18,5	−8,9	−13,4	−11,1	2,0	0,58	11,2	0,123
	3	0,157	3,075	-1123	−3,1	−19,8	−8,8	−13,0	−10,9	2,4	0,69	17,0	0,108
vier. . . .	1	0,175	3,250	−275	0,0	−10,6	−3,8	−8,1	−6,0	1,6	0,29	15,9	0,096
	2	0,145	3,395	−375	−0,5	−2,01	−10,8	−15,0	−12,9	1,5	0,36	7,1	0,048
	3	0,660	4,055	+150	−2,0	−21,6	−10,7	−17,9	−14,3	1,2	0,46	42,1	0,063
vier. . . .	1	0,235	4,290	+ 85	0,4	−14,0	−6,5	−10,3	−8,4	1,3	0,75	17,9	0,075
	2	0,900	5,190	+330	0,8	−25,1	−6,4	−13,0	−9,7	1,3	0,86	63,1	0,070
	3	0,131	5,321	−119	−1,5	−12,9	−3,6	−9,7	−6,6	1,4	0,54	8,7	0,066
s.	1	0,250	5,571	−370	0,7	−22,0	−6,5	−12,2	−9,4	1,5	0,72	18,1	0,072
	2	0,295	5,866	−315	4,0	−21,5	−4,9	−12,3	−8,6	1,5	0,51	19,7	0,067
	3	0,370	6,236	− 80	−0,8	−14,0	−4,7	−9,9	−7,3	1,9	0,94	42,3	0,120
il.	1	0,660	6,896	− 60	2,3	−11,0	−2,1	−8,1	−5,1	1,7	0,82	56,0	0,085
	2	0,035	6,931	−365	7,8	−12,8	3,0	−4,0	−0,5	1,3	0,31	3,2	0,091
	3	0,378	7,309	+128	1,9	−14,1	−4,0	−9,6	−6,8	1,6	0,71	26,9	0,073
. . . . .	1	0,408	7,717	+398	3,3	−9,2	−0,9	−5,8	−3,3	1,6	0,91	34,6	0,084
	2	0,165	7,882	−255	3,4	−9,8	0,6	−7,8	−3,6	1,6	0,71	30,7	Pluie
	3	0,120	8,002	+120	6,2	−1,8	3,1	−2,5	0,3	1,8	0,74	52,2	Pluie
n	1	0,140	8,142	+140	12,2	−3,2	7,6	0,5	4,0	1,0	0,42	47,0	Pluie
	2	0,060	8,202	+ 60	10,0	−5,1	3,8	−1,2	1,3	1,5	0,88	78,8	Pluie
	3	0,000	8,202	0,0	10,3	−6,3	4,8	0,9	2,9	1,2	0,65	0,0	

servations du Grand Saint-Bernard sont extraites des *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*.
mpératures moyennes de l'air sont la moyenne (demi-somme) des minima et maxima diurne (24 heures). Minima ex-
observées au thermomètrographe. Maxima extrêmes ne sont pas cités dans les tableaux; je les ai remplacés par le plus
ffre des lectures.
Bernard le plus fort vent est désigné par le chiffre 3, tandis que pour le Grimsel, la tourmente (gougx) porte 5.*
la neige a pris pied depuis le 12 octobre. — Le lac était couvert de glace dans la nuit du 19 au 20 octobre.
Du 15 au 19 avril la neige a baissé (s'est tassée) de 0m,42.
A la fin de mai la neige n'a disparu (fondu) qu'à la hauteur de 1800m (Cantine de Roz) sur le versant septentrional
montagne; à la hauteur de 1900m sur le versant méridional.
A la fin de juin la neige a disparu jusqu'à la hauteur du Refuge, 2060m sur le versant septentrional de la montagne,
le versant méridional jusqu'à hauteur de la Cantine, 2227m. — Autour de l'hospice, environ 5/10 du sol sont débar-
de neige.
Le juillet 7/10 du sol sont encore couverts de neige. Le lac a été entièrement dégelé le 29 juillet.
Août, 2 heures soir. MM. **E. Plantamour** et **Burnier** ont observé la température du lac du Saint-Bernard. Près de
bord du lac, à 1m de profondeur, la température était 12°,4; celle du ruisseau par lequel les eaux s'écoulent du côté
lac, à son issue du lac, 11°,3.
Le 4er octobre première chute de neige. Chute totale du mois 1m,193. Le lac a été entièrement couvert de
dans la nuit du 29 au 30 octobre.

de la neige. Poids d'un mètre cube de neige (neige fraîche non tassée par décades, fraîche, comparée au même
eau (1000 kilogrammes). Hauteur neige divisée par hauteur eau. Maxima 0,123. Minima 0,048. Moyenne générale de
chutes 0,080.

Chutes de neige au Grimsel et au Grand Saint-Bernard (1854-1855).

Décades Octobre à Juin.

DÉCADES.		GRIMSEL.			GRAND SAINT-BERNARD.			DIFFÉRENCE ENTRE GRIM ET GRAND SAINT-BERNA		
		Nombre de chutes.	Hauteur.	Total en hauteur.	Nombre de chutes.	Hauteur.	Total en hauteur.	Nombre de chutes.	Hauteur.	Tot en hau
1854.			mètres.	mètres.		mètres.	mètres.		mètres.	mètr
Octobre	1	0,0	0,0	0,0	1	0,05	0,05	−1	−0,05	−0
—	2	3	0,18	0,18	5	0,50	0,55	−2	−0,32	−0.
—	3	2	0,18	0,36	2	0,48	1,03	0	−0,30	−0
Novembre	1	6	1,30	1,66	4	0,27	1,30	+2	+1,03	+0.
—	2	5	1,28	2,94	5	0,44	1,74	0	+0,84	+1.
—	3	3	1,20	4,14	5	0,71	2,45	−2	+0,49	+1
Décembre	1	5	1,30	5,44	5	0,37	2,82	0	+0,93	+2
—	2	5	0,97	6,41	3	0,09	2,91	+2	+0,88	+3.
—	3	5	1,28	7,69	3	0,15	3,06	+2	+1,13	+4
1855.										
Janvier	1	2	0,45	8,14	2	0,16	3,22	0	+0,29	+1
—	2	2	0,52	8,66	2	0,14	3,36	0	+0,38	+5.
—	3	3	0,41	9,07	3	0,75	4,11	0	−0,34	+4,
Février	1	2	0,15	9,22	5	0,23	4,34	−3	−0,08	+1.
	2	4	0,57	9,79	9	0,87	5,21	−5	−0,30	−4
	3	3	0,25	10,04	2	0,13	5,34	+1	+0,12	−4
Mars	1	8	0,64	10,68	3	0,25	5,59	+5	+0,39	+5
—	2	4	0,59	11,27	3	0,40	5,99	+1	+0,19	+5
	3	5	0,45	11,72	8	0,47	6,46	−3	−0,02	−5
Avril	1	4	0,72	12,44	4	0,66	7,12	0	+0,06	+5
	2	2	0,41	12,85	1	0,03	7,15	+1	+0,38	+5
	3	2	0,25	13,10	3	0,35	7,50	−1	−0,10	+5
Mai	1	2	0,10	13,20	4	0,41	7,91	−2	−0,31	+5
—	2	5	0,42	13,62	3	0,16	8,07	+2	+0,26	+5
—	3	0	0,0	13,62	2	0,12	8,19	−2	−0,12	+5
Juin	1	0	0,0		2	0,14	8,33	−2	−0,14	+5
-	2	0	0,0		2	0,06	8,39	−2	−0,06	+5
• —	3	0	0,0		0	0,00	8,39	0	0,00	+5
Total. . .		82		13,62	91		8,39	−9		−5

Du 1er octobre 1854 au 1er juillet 1855.

Au Grimsel 1880m alt., 9 chutes de neige de moins qu'au Grand Saint-Bernard (2477m alt.). — des chutes du Grimsel en hauteur de neige, 5m,23 de plus qu'au Grand Saint-Bernard.

Densité de la neige fraîche tombée au Grand Saint-Bernard (1854-1855).

Poids d'un mètre cube de neige (neige fraîche non tassée) comparé au même volume d'eau : 10 logrammes. Hauteur neige divisée par hauteur en eau : maxima 0,123, minima 0,048. Moyenne rale de toutes les chutes, 0,080.

Clarté du ciel. Grimsel 0,65. - Saint-Bernard 0,63. — Différence +0,02.

TEMPÉRATURES DU SOL, EAUX, NEIGES, GLACES.

AIR AMBIANT, HYGROMÉTRIE, VENTS,

ÉTAT DU CIEL.

DA. 16. **Températures du Sol — Eaux — Neiges — Glaces.** — *Air ambiant — Hygrométrie — Vents — État du ciel.*

Sous formes de tableaux je transmets des observations nombreuses faites pendant mes courses et séjours en hautes régions. — Elles comprennent :

Températures du sol à diverses profondeurs. — Températures de torrents, d'eaux stagnantes, de lacs et de sources. — Hauteur des neiges qui couvrent le sol et les glaciers, leurs températures à diverses profondeurs et celles en contact avec le terrain, etc. — Circonstances météorologiques locales au moment des observations.

Pour prendre les températures du sol à diverses profondeurs, mes guides, munis de pics, de pioches et de pelles, faisaient une tranchée dans le terrain et j'observai la température de 10 en 10 centimètres, à mesure que la tranchée se creusait. — On avait soin de choisir un terrain exposé en plein soleil et un emplacement où on supposait pouvoir creuser à la plus grande profondeur avant d'atteindre de gros matériaux ou la roche en place.

L'ouverture d'une tranchée dans le sol est le seul moyen pratique pour observer les températures du terrain à diverses profondeurs.

La profondeur du terrain à observer n'étant pas connue et ignorant les matériaux que l'on rencontre (qui souvent, par leur volume, arrêtent les recherches), il est convenable de s'y prendre de la manière suivante, qui nous a toujours réussi :

On commence par enlever le terrain sur un mètre carré de surface et on fait un trou de même dimension, en creusant le plus profondé-

ment possible. Par ce moyen on arrive facilement à 1^{m} de profondeur. Si le terrain est favorable, on alonge ce trou d'un mètre en conservant la même largeur, et la tranchée aura 2^{m} de longueur. On creuse de nouveau un mètre carré seulement, et si l'absence de gros matériaux permet de pénétrer à une plus grande profondeur, on enlève tout le terrain de la tranchée, soit 2^{m} de longueur et 0^{m},80 à 1^{m} de largeur, et on continue de foncer de 1^{m} carré. Par ce moyen, en trois heures de temps, quatre travailleurs actifs atteignent facilement 3^{m} de profondeur.

On prend la température du terrain de 10 centimètres en 10 centimètres, à mesure que la profondeur voulue est à découvert, en enfonçant la boule d'un thermomètre très-solide complétement dans la paroi verticale du terrain. — Ce sont des lectures directes qui ne sont nullement influencées ou faussées comme celles que l'on observerait dans un trou de sonde, où il faut employer un thermométrographe; d'ailleurs les trous de sonde sont rarement praticables dans les terrains qui renferment des galets et des roches; le forage échauffe le sol.

Pour prendre la température des eaux courantes, stagnantes ou de sources, le moyen le plus pratique et le plus expéditif est de remplir un vase de cette eau, d'en prendre la température à l'ombre et de faire la vérification par des observations réitérées qui, bien faites, donneront le même résultat.

Pour prendre les températures des neiges qui couvrent le sol on fera une tranchée pour arriver au sol. — En règle générale, la tranchée aura au minimum 0^{m},80 de largeur et une longueur proportionnée à la profondeur que l'on veut atteindre; on peut admettre que, pour chaque mètre de profondeur, il faut une longueur de tranchée d'un mètre; pour arriver à 3^{m} de profondeur, une tranchée de 3^{m} de longueur. Lorsqu'il s'agit d'arriver à travers la neige ou le nevé à une profondeur de 8^{m} (par exemple, comme au petit glacier du Faulhorn), on commence par marquer 8^{m} de longueur et 0^{m},80 de largeur. On vide toute la tranchée à 1^{m} de profondeur en jetant les neiges le plus loin possible; puis, à 7^{m} de longueur encore 1^{m} de profondeur et 6^{m} de longueur, on sera à 3^{m} de profondeur. On continuera à vider sur toute la longueur le 5^{m} de longueur et on sera à 4^{m} de profondeur; puis le 4^{m}, 3^{m}, 2^{m} et 1^{m}, et on sera arrivé à 8^{m} de profondeur. De cette manière on n'a pas besoin d'échelle; on descend par des gradins successifs, et ces gradins ont encore l'avantage de pouvoir jeter la neige de distance en distance jusqu'à la surface.

Les températures de l'air ambiant sont observées à l'ombre en tournant le thermomètre en fronde; celles au soleil sont prises avec le même thermomètre, que l'on tient à la main, la boule horizontale et en marchant lentement; on fait la lecture lorsque la colonne de mercure reste fixe.

Le même thermomètre sert comme psychromètre : à cet effet on entoure la boule de papier fin non collé et mouillé (papier dit de soie), et on le suspend à l'ombre en lui transmettant un mouvement de va et vient de pendule; on fait la lecture 10 minutes plus tard. Par les circonstances de froid, lorsque l'enveloppe gèle, il est essentiel que le thermomètre reste fixe sans aucun mouvement. J'ai souvent remarqué que par le froid le moindre mouvement que subissait le thermomètre de — 5° que l'on lisait, un mouvement le faisait monter à 0°.

Les tensions, le point de rosée et l'humidité relative sont calculés d'après les instructions et les tableaux de l'*Annuaire de Météorologie* et les *Tableaux de la force élastique de la vapeur d'eau* de **M. Regnault.** — Fort souvent le point de rosée a été observé directement sur des vases à surface d'argent polie et refroidis. Ce refroidissement des liquides se fait facilement en hautes régions, les réfrigérants ne manquent pas.

Le point de rosée observé directement, comparé avec celui calculé par la différence de boule sèche et boule mouillée, était toujours identiquement le même à toutes les altitudes, en tenant compte de la pression barométrique.[1]

Les vents sont désignés par leur direction, et pour indiquer la force : 0 = calme — 1 faible — 2 moyen — 3 fort — 4 très-fort — ● 5 violent (gougx) soufflant dans toutes les directions.

État du ciel : 0,0 totalement découvert — 0,1 à 0,9 fractions de l'horizon couvert — et 1,0 totalement couvert. — On a ajouté : Soleil — Pluie — Neige — Brouillard, etc.

Les localités où les observations ont été faites sont désignées aussi clairement que possible; on a ajouté les altitudes.

Les chiffres de températures cités dans ces tableaux méritent toute

[1] **Dans le cas où la température de l'air est au-dessus de zéro et la boule mouillée gelée, il faut user de précautions, et mieux vaut observer le point de rosée sur surfaces métalliques refroidies.**

confiance, j'ai fait moi-même toutes les lectures avec des thermomètres de précision, le zéro de l'échelle souvent vérifié.

Je dois encore faire mention qu'il ne suffit pas de lire consciencieusement les degrés de l'échelle thermométrique et de ne jamais interpoler de chiffres suivant une théorie préconçue à l'avance, mais qu'il s'agit de mettre les instruments d'observation dans des conditions pour dire la vérité, toute la vérité et rien que la vérité. — J'ajouterai que, dans ces recherches, mes guides intelligents, actifs et toujours de bonne volonté, dans toutes les circonstances, m'ont rendu la tâche facile.

Toutes les observations consignées dans les tableaux qui suivent, je les ai faites moi-même (toutes sans exception). — Aucun chiffre n'est interpolé.

DOLLFUS-AUBSET.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.		TEMPÉRATURES.
DA. 16. **De Thun (570m alt.) au Col de la Gemmi (2300m alt.)**		
Thun 570m alt.	Au pont de l'Aar, près de la station du chemin de fer.	
	Aar, surface de l'eau.	Aar. . 14°,1
	Lac de Thun, au bord à 2 kilomètres de la ville, route de Wimmis.	
	Surface du lac agité	Lac. . 21°,2
Lac d'Œschy 1594m alt.	Surface du lac non agité	» 13.0
	Sable de schiste noir, humide et mouillé par la pluie. A 10m du lac :	
	30mm de profondeur	Sol. . 18°,5
	0m,20 de profondeur (touche roche)	» 19,1

Le lac d'Œschy est situé à l'extrémité de la petite vallée nommée Œschinenthal ou Getschthal, à l'Est et à une heure et demie de marche du village de Kandersteg. Il occupe un cirque de hautes vallées à la base de la Blümlis-Alp. La superficie du terrain qu'il couvrait en juin était approximativement de 20 hectares; mais des matériaux dispersés à une certaine distance et des roches qui l'encaissent dépourvues de toute végétation témoignent qu'en été, par suite de la fonte des neiges et des glaciers, il peut atteindre 5m de hauteur et plus. Une femme qui habite un chalet à proximité nous a confirmé cette supposition. Ce lac, qui fait un effet des plus pittoresques, n'a pas d'écoulement apparent; il est barré par un

	Eau à sa sortie du sol.	Source 5°,1
Kandersteg 1170m alt.	Village	. . . . .
Schwarrenbach (2065m alt.) *Route de la Gemmi.*	L'auberge du Schwarrenbach, en aval du Dauben-See, est solidement construite en pierres. Un domestique y passe l'hiver. En 1860, le dernier touriste a passé la Gemmi le 11 octobre. En 1861, le 3 juin, la Gemmi a été franchie pour la première fois dans l'année.	. . . . .
	Petit lac au bas de l'auberge.	Lac . . 8°.7
	Tache de neige grenue (nevé) sur la route un peu en amont de l'auberge, localité où elle est ventée, accumulée par le vent. L'aubergiste m'a dit qu'au printemps elle avait une hauteur de 6m; aujourd'hui sa hauteur est de 2m. A la partie inférieure de ce nevé, après avoir déblayé à 1m d'avancement, le terrain est complétement dégelé et mouillé. Sol sous le nevé dégelé.	
Dauben-See 2206m alt. *Route de la Gemmi.*	Température du lac près de la route. Surface de l'eau calme	Lac . . 9°.5
	Terre (sol) entre la route et le lac en plein soleil :	
	0m,03 profondeur	Sol . . 14°.5
	0.20 —	» 8.2
	0,30 —	» 7,0
	0,40 —	» 7.0
	0.50 roche en place	» 7.4
	Même emplacement que ce matin.	
	Température du lac surface agitée	Lac . . 7°.8
	Terre entre la route et le lac à 0m.03 profondeur	Sol . . 19.5
	Le lac (Dauben-See) est complétement dégarni de glace et de neige du côté Nord; à l'extrémité Sud, du côté du Valais, une forte avalanche de neige est tombée dans le lac au printemps; cette neige persiste et des parcelles s'en détachent et voltigent à la surface de l'eau.	

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrometrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR Soleil.	AIR Ombre.	Point de rosée.	Humidité relative.	VENTS.		ÉTAT DU CIEL.
De Thun (570m alt.) au Col de la Gemmi 2300m alt.)									
1861 Juin	23	Midi.	19°.5	18°,2	14°.4	79	NE	1	0.5 Soleil.
1861 Juin	23	12 ½		18,0	16.0	88	N	1	1,0 Pluie faible.
1861 Juin	23	6 ½ matin.		14,8	13,0	90		0	1,0 Pluie faible.

comblement erratique (morainique) tel que le sont un grand nombre de lacs dans les Alpes; cependant on voit à l'Ouest et près des bords qui l'encaissent, des parcelles de matériaux végétaux accumulés à la surface, et on remarque une infiltration d'eau dans le terrain. A 1 kilomètre en aval du lac, dans la vallée dite Getschthal, qui conduit à Kandersteg, surgit du sol de comblement (moraine profonde) une source d'eau assez volumineuse. Encaissée sur 2m de largeur, l'eau coule à 0m,20 de hauteur sur une pente de 10°. Cette eau est l'écoulement du lac à travers les matériaux qui le barrent; elle est claire et limpide.

1861 Juin	23	7 s.		14°,8	13°,0	90		0	1,0 Pluie faible.
1861 Juin	24	5 m.		10,6	10,0	96	SO	1	1.0 Pluie faible. Pluie toute la nuit.
1861 Juin	24	8 m.	11°,2	10.4	7,5	82	SO	1	0,3 Soleil.
1861 Juin	24	Midi.	15,4	14,2	9.8	75		0	0,1 Soleil.
1861 Juin	24	9 m.	11,8	10.2	6,3	77		0	0,2 Soleil.
1861 Juin	24	11 m.	13.5	12.2	10,4	89	SO	1	0.2 Soleil.

Vents. 0,0 Calme. — 1 Faible. — 2 Moyen. — 3 Fort. — 4 Très-fort. — ● 5 Violent (gougt).

État du ciel. 0,0 Totalement clair. — 0,5 Moitié couvert. — 1,0 Totalement couvert.

Températures du sol. On a ouvert une tranchée dans le sol et pris la température du terrain aux différentes profondeurs au-dessous de la surface.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.		TE RAT
En aval du Daubon-Sec 2150m alt. *Route de la Gemmi.*	En aval du lac (côté bernois), à peu près 50m alt. plus bas: taches de neige d'une certaine étendue, de 1m à 2m de hauteur, couvrent le sol de la route. En enlevant la neige à 1m d'avancement, le sol n'est pas gelé au contact de la neige.	. .
	0m,05 profondeur dans le sol sous la neige.	Sol
	0,10 — —	»
	0,20 — —	»
Spitalmatte 1900m alt. *Route de la Gemmi.*	Petite vallée haute : taches de neige partielles couvrent le sol. Ce sont les dernières; plus en aval on n'en trouve plus. En enlevant la neige à 1m d'avancement, où elle a 1m,50 de hauteur, le sol en contact avec la neige est dégelé et mouillé.	. .
	0m,10 de profondeur dans le sol sous la neige. . . .	Sol
	0,20 roches et gros matériaux	»
	Terrain découvert et dégarni de gazon, où la neige a disparu depuis longtemps.	
	0m,03 profondeur	Sol
	0,10 —	»
	0,20 —	»
	0,30 —	»
	0,40 —	»
	0,50 gros matériaux	»
	DA. 17. **De Thun (570m alt.) au Niesen (2365m alt.)**	
Thun 570m alt.	A l'Ouest de la pension Baumgarten, à gauche de la route faubg. de Thun	. .
	Terrain non gazonné, sablonneux, cultivé, renfermant quelques galets et menus débris de roches. Exposition en plein soleil.	
	0m,03 profondeur	Sol
	0,10 —	»
	0,20 —	»
	0,30 —	»
	0,40 —	»
	0,50 —	»
	0,60 —	»
	0,70 gros matériaux	»
Wimmis Base du Niesen 700m alt.	A la base du Niesen. Près du poteau indicateur du chemin qui conduit au Niesen. Dans un pré, plein air, à 2 kilomètres de Wimmis	. .
	Terrain gazonné, terre allumineuse jaunâtre.	
	0m,10 profondeur	Sol
	0,20 —	»
	0,30 —	»
	0,40 —	»
	0,50 —	»
	0,60 —	»
	0,70 roche en place.	»

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		Point de rosée.	Humidité relative.	VENTS.		ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.					
1861 Juin	24	11h30 m	14°,5	13°,0	10°,0	82	SO	1	0,2 Soleil.
1861 Juin	24	2 s.	16,2	15,0	10,0	72		0	0.1 Soleil.
1861 Juin	26	8 m.	21,6	20,8	16,2	75		0	0.2 Soleil.
1861 Juin	26	2 s.		25,0	22,6	87	SO	1	0.7 Soleil voilé.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.		TEMPÉRATURES.
Wimmis . Base du Niesen 700m alt.	Même emplacement que hier 26 juin	. . . . .
	0m,10 profondeur	Sol 18°,2
	0,20 —	» 17.0
	0,30 —	» 16.2
	0,40 —	» 15,8
	0,50 —	» 15.8
	0,60 —	» 15,8
	0,70 —	» 15,2
	Depuis hier variation jusqu'à 0m,20 profondeur. La première observation a été faite en montant, la deuxième le lendemain en descendant.	
Staldenbach Chalet 1500m alt. *Chemin du Niesen.*	Ce chalet est situé approximativement à moitié chemin de la base au sommet du Niesen, sur une pente en regard au Sud.	. . . . .
	Terrain non gazonné, allumineux, jaunâtre, pareil à celui de la base.	
	0m,10 profondeur	Sol 14°.6
	0.20 —	» 14,8
	0,30 —	» 13.8
	0,40 —	» 14,6
	0,50 —	» 13,5
	0,60 roche en place	» 13,0
	Même emplacement au chalet Staldenbach :	. . . . .
	0m,10 profondeur	Sol 15°.0
	0,20 —	» 14.8
	0,30 —	» 13.8
	0,40 —	» 14.6
	0,50 —	» 13.5
	0,60 —	» 13.0
	De 0m.20 à 0m,60, même température que hier.	
Eckhütten Chalet supérieur du Staldenbach 1930m alt. *Chemin du Niesen.*	Localité à moitié chemin du chalet Staldenbach, au sommet du Niesen. Terre allumineuse jaunâtre non gazonnée.	. . . . .
	0m,10 profondeur	Sol 8°.5
	0,20 —	» 8.5
	0,30 —	» 8.5
	0,40 —	» 8.5
	0,50 —	» 8.5
	0,60 —	» 8.5
	0,70 roche en place.	» 8.5
	Même température de 0m.10 à 0m,70.	
Niesen Auberge 2300m alt.	Il neige de 7 heures soir à 10 soir. A 8 soir la neige blanchit le sol et sur bois elle a 20mm de hauteur.	. . . . .
	L'auberge du Niesen, construite solidement en pierres en 1857 sur la pente Ouest, approx. 65m en aval du point culminant, est parfaitement appropriée à la localité. L'aubergiste et les domestiques montent au Niesen du 16 au 20 juin et redescendent du 5 au 10 septembre. En 1858 il a neigé au moins une fois par semaine pendant les trois mois d'installation. En 1859-1860 il est tombé de la neige une fois par mois en été.	

Températures — Sols — Eaux — Neiges — Glaces

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

DOLLFUS-AUSSET.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		Point de rosée.	Humidité relative.	VENTS.		ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.					
31 Juin	27	5 s.	19°,0	18°,0	12°,6	71		0	0,6 Soleil depuis 3 s.
31 Juin	26	4 s.		15,0	14,0	94	SO	2	1,0 Pluie forte de 3 à 4 h.
31 Juin	27	3 ½		12,0	12,0	100		0	1,0 Brouillard.
31 Juin	27	2 s.		7,0	7,0	100		0	1,0 Brouil. intense.
61 Juin	26	6 s.		4,0	3.0	93	SO	2	1,0 Pluie forte.
»	26	7 s.		0,5	0.5	100	SO	1	1,0 Neige et brouil.
»	26	8 s.		1,8	1,8	90	SO	1	1,0 Neige pers. s' sol
»	26	9 s.		2,0	2.0	100		0	1,0 Brouillard.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

DOLLFUS-AUSSET.

LOCALITÉS.		TEMPÉRATURES.
Niesen Auberge 2300m alt.	Ce matin la neige (tombée hier) persiste sur l'herbe et sur les tables en bois; sur le sol découvert elle est fondue.	. . . . .
	Terrain non gazonné près de l'auberge.	
	0m,03 profondeur	Sol 5°,0
	0,10 —	» 6,8
	0,20 —	» 7,0
	0,30 —	» 7,6
	0,40 —	» 7,6
	0,50 —	» 7,0
	0,60 —	» 6,5
	0,70 —	» 6,0
	0,80 roche en place	» 5,5
	Le terrain qui couvre le sol depuis la base jusqu'à l'auberge du Niesen est allumineux jaunâtre. — C'est de la roche en place décomposée. On ne voit ni à la surface ni enfouie dans le sol aucune roche étrangère à la localité, absolument pas de matériaux erratiques. — Le chemin qui conduit au Niesen est parfaitement entretenu et les chevaux y montent sur une faible pente. Le panorama doit être très-beau.	
	DA. 19. **Engstlen-Alp.**	
Engstlen-Alp Châlet-hôtel 1850m alt.	En juin 1858, accompagné de mes guides de hautes régions et du matériel pour les observations, je me suis rendu au chalet-hôtel de la vallée d'Engstlen, dans l'intention de faire l'ascension au Titlis (3239m alt.). J'ai passé 10 jours dans le chalet que **M. Rats** (*Amtschreiber* de Meiringen, gendre de **M. Zybach**) a construit en 1856. Trois fois nous sommes partis le matin avant le lever du soleil pour faire l'ascension au Titlis, et chaque fois un brouillard intense par vent violent au col (*Joch*, 2240m alt.), base du Titlis, nous a fait battre en retraite.	
	Le chalet est situé dans la vallée haute d'Engstlen. Cette vallée est une localité de pâturages par excellence. Des *Pinus cembra* encadrent un lac d'une assez grande étendue. La végétation est très-vigoureuse.	
Engstlen-Alp Chalet-hôtel 1850m alt.	Terrain gazonné à 300 pas de distance à l'Est du chalet.	. . . . .
	0m,20 profond. directement au-dessous du gazon, qui a 0m,20 épais.	Sol 10°,3
	0,50 — — — —	» 8,2
	1,00 jusqu'à 1m profondeur, terre végétale et sable fin	» 5,0
	1,50 — —	» 3,2
	2,00 — —	» 2,5
	2,50 — —	» 2,0
	3,00 — —	» 2,5
	Même emplacement que le 23 juin.	. . . . .
	0m,20 profondeur sous le gazon	Sol 9°,0
	0,50 — —	» 8,2
	1,00 — —	» 5,0
	1,50 — —	» 3,2

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

DOLLFUS-AUSSET.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		Point de rosée.	Humidité relative.	VENTS.	ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.				
1861 Juin	27	11 m.		5°,0	5°,0	100	0	1,0 Brouil. intense.

Dans le gazon d'un beau vert on voyait des quantités fabuleuses de *Gentiana acaulis* briller de tout leur éclat bleu. Sur 1 mètre carré de surface j'ai compté jusqu'à 100 sujets. Le chalet-hôtel d'Engstlen est une station hors ligne. Les peintres amateurs de beaux sites trouvent à faire des études de *Pinus cembra* séculaires, formant premier plan d'un panorama des sublimes Alpes de l'Oberland Bernois. Le glacialiste fera l'ascension au Titlis. Le botaniste fera une riche récolte, et l'amateur de la chasse trouve chamois, marmottes, renards, lièvres variabilis, poules de neige, etc., en quantité. Le lac est poissonneux.

1858 Juin	23	3 s.		6°,0	5°,0	94	0	1,0 Pluie faible.

A la profondeur de 1m à 2m,90 sable fin par couches, alterné avec sable plus gros et fragments de roches de faible dimension. A la profondeur de 3m, sable fin mouillé, et en creusant quelques centimètres de plus, l'espace se remplit d'eau, dont la température est de 2°,5.

1858 Juin	25	3 s.		5°,0	5°,0	100	0	1,0 Brouillard.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.		TE RAT
Engstlen-Joch 2240m alt.	Col. Passage de la vallée d'Engstlen dans la vallée d'Engelberg, au NO du Titlis. Point culminant du chemin de mulet de Meiringen à Engelberg. Séparation entre le canton de Berne et celui d'Unterwalden.	
	Au point culminant, un peu en aval du côté d'Engstlen, se trouve un petit lac couvert de neige imbibée d'eau, et dont le sol des bords est de même couvert de neige grenue (nevé) ventée de 1m,50 de hauteur. Enlevé cette neige à 1m d'avancement, le sol en contact est mouillé et dégelé.	. .
	Même localité plus en amont, où la neige n'a pas été accumulée par le vent et où le sol est couvert d'un beau gazon et d'une riche végétation.	
	0m,15 profondeur sous le gazon (qui a cette épaisseur)	Sol
	0,30 — —	»
	0,40 — —	»
	0,50 — —	»
	A 0m,50 profondeur, le sol est gelé, compacte. Cette partie du terrain, où la végétation est parfaitement développée, est une preuve que pendant l'hiver la neige, à mesure des chutes, a été balayée, enlevée	
Engstlen Vallée haute 1850m alt.	Cette localité offre un grand intérêt sous le rapport des sources qui jaillissent du sol.	
	Source permanente. Son volume d'eau n'est pas considérable; elle se trouve à 500 pas en aval du chalet. Ce filet d'eau coule dans toutes les saisons et son volume ne varie pas. Mon guide en chef *Jaun* a fait en janvier, avec **M. Ratz**, une course dans la vallée d'Engstlen; ils ont trouvé l'emplacement couvert d'un épais manteau de neige, et après l'avoir enlevé par — 15° air ambiant, ils ont rempli un vase d'eau pour faire une infusion de café. Pendant mon séjour, cette eau a été, soir et matin, sans variation à 3°,4	Sour mane
	Source temporaire. Elle est en amont de la source permanente. La quantité d'eau qu'elle débite est assez considérable; elle forme un petit ruisseau qui coule d'un mètre de largeur sur plusieurs centimètres de hauteur. La quantité d'eau qu'elle débite est variable sans tarir; elle augmente par des journées sereines et chaudes et diminue dans les journées froides.	
	Sa température a été invariablement à 3°,1.	Sour porai
	Cette source temporaire, que les gens de la localité appellent *Mai-Brunnen* (source de mai), commence à fournir de l'eau par suite des fontes de neiges au printemps (généralement au commencement de mai) et ne tarit qu'à la fin de l'automne lorsque toute fonte de matières gelées cesse.	
	Source intermittente. Dans le pays elle est désignée sous le nom de *Wunder-Brunnen* (fontaine miraculeuse). Elle se trouve à 300 pas NE du chalet; c'est celle qui est la plus en amont. Lorsqu'elle fournit de l'eau sa température est invariable à 3°,1	Soure mitte
	Même température que la source temporaire.	

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		Point de rosée.	Humidité relative.	VENTS.	ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.				
1858 Juin	25	10 m.		5°.0	5°.0	100	0	1,0 Brouillard.

par le vent, et que le froid a pénétré à une grande profondeur, malgré l'épaisseur du gazon, et que cette épaisseur de gazon a préservé de la chaleur de l'air ambiant, et surtout des rayons solaires qui n'ont pas encore agi à 0m,50 de profondeur. Dans la même localité, partout où le nevé couvrait le sol, j'ai trouvé le sol au-dessous dégelé et humide, mouillé, et les parties non gazonnées de même.

Petit lac. Sous le nevé qui le couvrait l'eau était à l'état liquide, et il s'en écoulait un filet d'eau.

Pendant les dix jours que j'ai passés au chalet-hôtel d'Engstlen, les circonstances météorologiques ont été très-variables : pluie, brouillard, vent très-fort, neige, variant par des éclaircis et des journées sereines et chaudes. Ces circonstances m'ont permis de résumer les observations de ces sources comme suit :

1° A la suite d'une journée sereine et chaude, la fonte des neiges, nevés et glaciers est forte, et l'eau commence à jaillir spontanément entre trois et quatre heures du soir, et cesse de couler entre cinq et six heures du matin. Le volume d'eau est assez considérable et coule à 1m de largeur et 5 centimètres de hauteur sur une faible pente.

2° Par une journée froide et l'horizon couvert, sans rayons solaires, la fonte des matières gelées est très-faible ou nulle, la source reste à sec, il ne sort point d'eau, et si les mêmes circonstances météorologiques continuent, il en sera de même.

3° Si, par suite d'une journée couverte et froide, il survient pendant la nuit un vent chaud et forte pluie, la source déversera de l'eau de 9 heures matin jusqu'à 6 heures soir.

4° Nous savons qu'après une journée chaude et sereine la source commence à couler de 3 à 4 heures soir jusqu'au lendemain 5 et 6 heures matin. Nous savons de plus qu'à la suite d'une journée froide et couverte la source est tarie. Nous pouvons faire la conjecture que si la journée a été chaude et sereine, et la nuit chaude et pluvieuse, la source pourra fournir de l'eau sans interruption diurne. Les circonstances météorologiques ne se sont pas trouvées dans le cas de confirmer cette hypothèse.

5° L'eau des trois sources est claire, transparente et limpide. Les roches en place de toute la localité sont calcaires.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du Ciel.

DOLLFUS-AUSSET.

LOCALITÉS.		TEMPÉRATURE
DA. 20. **De Meiringen à la pente terminale du glacier de l'Aar.** 600m alt. 1880m alt.		
Meiringen 600m alt.	Pont de l'Aar au Reichenbach.	
	Température de l'Aar	Aar
	Le torrent est très-fort. Il a fait chaud dans la journée, pluie faible le soir.	
	Le niveau de l'Aar au pont a baissé depuis hier soir de 0m,30 . . .	»
	Pont de l'Aar au Reichenbach.	»
	Le niveau de l'eau a baissé depuis hier soir de 0m,18	»
Im Hof 620m alt. *Vallée de Hasle.*	Pont de l'Aar. Les eaux de la vallée de Gadmen ne sont pas réunies à l'Aar, mais le torrrent de la vallée d'Urbach s'y est joint.	»
		»
		»
	Sable blanc 0m.03 profondeur.	Sable blanc
	— 0,10 —	» »
		Aar
		»
Gesprengte-Fluh (pont). 750m alt. *Vallée de Hasle.*	Route du Grimsel entre Im-Hof et Guttanen	»
	En aval d'Im-Boden	»
		»
		»
Guttanen 1070m alt. *Vallée de Hasle.*	Dernier village. Route du Grimsel.	»
		»
	Terre, exposition en pente au Sud, 0m,03 profondeur.	Sol
		Aar
		»
	On voit voler plusieurs hirondelles qui passent l'été dans cette vallée haute.	
	Les cerisiers, qui se trouvent dans les vergers en assez grand nombre, fleurissent ordinairement au milieu du mois de mai (soit un mois plus	
Handeck Chalet 1380m alt. *Vallée de Hasle.*	En amont de la chute Erlenbach, qui sort du glacier de Gruben, à l'Ouest du chalet, dans les hauteurs, et qui se joint à la chute. . . .	Aar Erlenbach
	Près du chalet sol non gazonné :	
	0m.10 profondeur	Sol
	0.50 sable et fragments de roches de faible dimension dans tout le	»
	1,00 parcours	»
	1,50 roche en place.	»
	En amont de la chute	Aar
	Près du chalet, sol non gazonné :	Erlenbach
	0m.10 profondeur	Sol
	0,20 —	»
	0,30 sable et fragments de roches de faible dimension dans tout le	»
	0.40 parcours. Le terrain est humide, et en contact avec la roche	»
	0,50 il n'y a pas d'eau.	»

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

DOLLFUS-AUSSET.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.		ÉTAT DU CI
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative			
						mm					
63 Août	14	6 s.		19°,5	17°,1	13,15	15°,6	78		0	1,0 Pluie faible
63 Août	15	6 m.		18,0	14,4	10,18	11,6	66		0	0,0 Serein.
59 Juillet	22	6 m.		18,5						0	0,7 Couvert.
62 Août	19	6 m.		14,0	12,6	9,94	11,2	84		0	0,7 Couvert.
59 Août	11	6 s.		18.0	15,0	10,98	12,7	71		0	1,0 Couvert.
61 Août	21	6 m.		14,0	12,4	9,83	11,1	82		0	1,0 Couvert.
62 Août	19	7 m.	15°,4	14,6	12,9	10,52	12,1	85		0	0,5 Soleil.
63 Août	15	9 m.	23,0	20,0	15,5	10,60	12,2	61		0	0,0 Soleil.
59 Août	22	8 m.		18,0						0	1,0 Couvert.
59 Juillet	22	9 m.		17,0	15,8	12,67	15,0	88		0	1,0 Pluie faible
62 Août	19	9 m.	16.0	15,0	12,6	9,54	10.6	76		0	0,5 Soleil.
62 Septemb.	21	Midi.		13,0	11,0	8,67	9,2	78		0	1,0 Couvert.
63 Août	15	10 ½ m.	26,5	25,0	16,3	9.04	9,8	39			
59 Août	11	4 s.	16,5	16,0	13,0	9,50	10,6	70	SO	1	0,5 Soleil.
63 Août	15	1 s.	26,9	25,2	15,8	8,00	8.0	33	V	1	0,2 Soleil.
59 Juillet	22	10 m.		16,1					E	2	1,0 Pluie.
62 Juillet	22	Midi.		16,0	15,2	12,40	14,6	96	E	1	1,0 Pluie faible

ard qu'à Mulhouse, où ils fleurissent du 10 au 15 avril, d'après mes observations de 1840 à 1862 ; uttanen, les cerises mûres se cueillent fin août.

Cette vallée haute produit en abondance du lin, du seigle, des pommes de terre; les prés et les rages ne laissent rien à désirer.

						mm					
59 Juillet.	22	2 s.	22°,1	20°,8	17°,1	12,32	14°,5	67	SO	1	0,5 Soleil.
59 Août	11	2 s.	19,0	18.0	16,2	12.80	15,1	84	SO	1	0,5 Soleil, pluie
61 Août	21	3 s.		12,0	9,4	7,45	6,9	71		0	1,0 Couvert.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.		TEM RATU
Handeck Chalet 1380m alt. *Vallée de Hasle.*	0m,60 profondeur	Sol
	0,70 —	»
	0,80 —	»
	0,90 —	»
	1,00 —	»
	1,10 —	»
	1,20 roche en place.	»
		Erlenba
	Terrain gazonné à la distance de 300 pas à l'Ouest des chalets. Sol élevé et jamais inondé.	
	0m,10 profondeur directement sous le gazon	Sol
	0,20 — —	»
	0,30 — —	»
	0,40 Dans tout le parcours, sable et fragments de roches de	»
	0,50 petites dimensions. Il ne surgit pas d'eau. Le terrain a une	»
	0,60 humidité normale.	»
	0,70	»
	0,80	»
	0,90	»
	1,00	»
	1,10	»
	1,20	»
	1,30	»
	1,40	»
	1,50	»
	1,60	»
	1,70	»
	1,80	»
	2,00	»
	2,40 roche en place sans suintement d'eau	»
	Température de l'Aar	Aar
		Erlenba
	Près du chalet. Sol non gazonné :	
	0m,03 profondeur	Sol
	0,10 —	»
	0.20 —	»
		Aar
		Erlenba
		Aar
		Erlenba
		Aar
		Erlenba

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.	ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative		
32 Août	19	3 s.		14°,0	11°,2	8,44	8°,8	71	0	1,0 Couvert.
32 Août	20	6 m.		7,6	4,0	4,18	−1,3		0	0,0 Soleil.
32 Septemb.	22	6 m.		3,9	3,9	6,05	3,9	100	0	1,0 Brouil. intense.
33 Août	15	6 s.		18,1	13,3	8,86	9,5	58	0	0,2 Les ray. sol. n'éclairent pl^s le bas.
33 Août	16	8 m.		21,1	13,8	8,00	8,0	42	0	0,1 Soleil.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.		TEMPÉRATURE
Handeck Chalet 1380m alt. *Vallée de Haste.*	Terrain non gazonné au Sud du chalet : 0m,03 profondeur 0,10 — 0,20 sable et fragments de roches de petites dimensions 0,30 0,40 0,50 roche en place	Sol » » » » »
Rœderichs-Boden 1600m alt. *Vallée de Haste.*	Petite vallée haute entre la Handeck et le Grimsel Sol non gazonné près des huttes : 0m,10 profondeur 0,50 — 1,00 surgit de l'eau Le terrain de sable et gazon décomposé. Terrain non gazonné près des huttes : 0m,03 profondeur, sable	Aar Sol » » Aar Sol Aar
	Le Rœderichsboden, petite vallée plate, tel que l'indique la dénomination *Boden* (fond plat), est traversé par le torrent l'Aar, et de chaque côté de ce fond plat on voit des bourrelets de terre fine, boue de glacier, et en creusant on trouve des couches de sable très-fin et du gazon décomposé. Ces accumulations proviennent de la boue de glacier charriée	
Grimsel 1880m alt.	Hospice (hôtel). Eau du lac à sa sortie. Eau de l'Aar au bas de l'hospice (Grimselboden)	Lac Aar
Aarboden[1] au pont, 1830m alt.	Eau du lac à sa sortie. Aar à la sortie du Boden, au pont.	Lac Aar Aar
Grimsel 1880m alt.	Eau du lac à sa sortie. Eau du lac à sa sortie. Terrain à l'Est de l'hospice, à 10m du lac. Sol non gazonné : 0m,10 profondeur 0,50 — 0,70 gros matériaux, pas d'eau	Lac » » » Sol » »
Grimsel 1880m alt.	Eau du lac à sa sortie. Eau de l'Aar au bas du Grimsel	Lac Aar

DA. [1] Dans l'Aarboden, à 100m en aval des chalets, on voit éparpillés sur le sol, resté à sec par suite de diminu du torrent, des blocs de glace dont les plus gros sont métriques. Détachés de la voûte du glacier, entraînés par les e ils sont restés en place.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.		ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative			
						mm					
1859 Juillet	22	5 s.		16°,4	14°,2	10,90	12°,6	78	SO	2	0,7 Couvert.
1862 Août	20	11 m.	15°,0	14,0	11,6	8,96	9,7	75		0	0,0 Soleil.
1863 Août	16	11 m.	19,5	18,0	14,0	9,82	11,1	64		0	0,0 Soleil.

par le torrent et déposés par suite d'obstructions qui se font dans le lit du torrent au sortir de la vallée. Mon guide en chef *Jaun* a vu au printemps, il y a quelques années, tout le bassin du Rœderichsboden submergé à une assez grande hauteur. La neige et les glaçons charriés avaient obstrué le passage étroit du lit de l'Aar et avaient gonflé l'eau.

Le même effet se produit dans l'Aarboden, le Grimselboden et ailleurs.

						mm					
1859 Juillet[1]	22	7 s.		14°,5	13°,2	10,65	12°,3	87	SO	1	1,0 Pluie forte.
1859 Juillet	23	Midi.		13,4	10,6	8,08	8,1	71	SO	2	0,3 Soleil.
1859 Juillet	23	2 s.		15,0	11,2	7,97	7,9	63	SO	2	0,5 Soleil.
1859 Juillet	23	6 s.		14,0	13,0	10,64	12,3	89	SO	2	1,0 Pluie.
1859 Juillet	23	7 s.		13,0	12,2	10,45	12,0	94	SO	2	1,0 Pluie.
1859 Juillet	24	6 m.		10,0	10,0	9,16	10,0	100	SO	2	1,0 Brouillard.
1859 Juillet	25	6 m.		8,0	7,2	7,18	6,4	90	SO	2	1,0 Pluie.
1859 Juillet	25	Midi		11,0	11,0	9,79	11,0	100	SO	2	1,0 Brouillard.
1859 Juillet	26	6 m.		6,0	6,0	6,99	6,0	100		0	1,0 Brouill., pluie la nuit.

[1] La nuit du 22 au 23 juillet il est tombé de la neige dans les hauteurs. Le Nægelisgrœthli et le Zinkenstock sont blanches

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

DOLLFUS-AUSSET.

LOCALITÉS.		TE RAT
Grimsel 1880^{m} alt.	**Températures du sol sous la neige.**	
	Tache de neige grenue (nevé) persistante encore, à côté de la route, entre le Grimselboden et le premier pont en pierre, à un quart de lieue en aval de l'hospice. Cet amas de neiges accumulées par le vent l'hiver passé, se trouve dans un couloir d'une pente en regard à l'Ouest; il a approximativement 10^{m} de longueur, 5^{m} de largeur et 2^{m} de hauteur.	
	On a enlevé ce nevé à 1^{m} d'avancement : directement sous la neige (contact avec le sol), le sol était humide, mouillé et exactement à 0°,0 non gelé. A 0^{m},40 de profondeur, à 1°,6 et roche en place. En débarrassant la neige à 1^{m} d'avancement de plus, la hauteur de neige était alors de 2^{m},50. Le sol au-dessous en contact était de même à 0°,0 dégelé et mouillé, et à 0^{m},40 de profondeur à 1°,6 comme la première observation.	
Aarboden[1] au pont 1830^{m} alt.	Eau de l'Aar	Aar
	Le volume d'eau correspond à celui observé le 23 juillet.	
Grimsel 1880^{m} alt.	Terrain non gazonné à l'Est de l'hospice, à quelque distance du lac.	. . .
	Le terrain qui couvre la roche a généralement peu d'épaisseur. A force de recherches, j'ai fini par trouver une profondeur de 1^{m},30, exposée toute la journée en plein soleil.	
	0^{m},10 profondeur.	Sol
	0,20 —	»
	0,30 —	»
	0,40 — Sable et terre sur tout le parcours sans autres matér.	»
	0,50 — Terrain, humidité normale	»
	0,60 —	»
	0,70 —	»
	0,80 —	»
	0,90 —	»
	1,00 —	»
	1,10 —	»
	1,20 —	»
	1,30 roche en place sans eau, humidité normale.	»
Grimselboden 1820^{m} alt.	Température de l'Aar.	Aar
	Eau du lac un peu en amont de sa jonction à l'Aar.	Eau du
	Sol non gazonné, plein soleil :	
	0^{m},03 profondeur.	Sol

[1] *Boden* désigne un terrain plat (fond plat d'une vallée). *Grimselboden*, fond plat du Grimsel.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

DOLLFUS-AUSSET.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.		ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative			
						mm					
1859 Août	11	9 m.			13°,0	10°,1	7,72	7°,5	70	SO	1	0.5 Soleil par mom.
1861 Août	22	9 m.			6.2	4,0	4,96	1,1	70	SO	2	1,0 Couvert.
1862 Août	20	Midi.	16°,0		14°,4	10°,0	5,34	2°,1	44		0	0,0 Soleil.
1862 Août	20	6 s.			11,0						0	0,0 Soleil toute la journée.

Aux endroits où la neige (nevé) a seulement quelques centimètres d'épaisseur, au bord de cette tache de neige, des soldanelles passent à travers cette couverture, et la fleur complète et fort gracieuse se trouve au niveau de la surface. Un petit espace vide sépare le sol du contact de la neige, et là le sol est à 0°,9. — Les rayons solaires passent à travers cette légère ouverture et échauffent le sol qui n'est pas en contact direct avec la neige.

Eau de l'Aar qui sort du glacier inférieur de l'Aar (*Unter-Aar-Gletscher*). Le 23 juillet 1859, à 2 heures du soir, j'avais fait une marque au niveau de la surface du torrent au pont de l'Aarboden; le volume d'eau était alors considérable. Une autre marque de hauteur a été faite le même jour près des chalets en aval de la voûte du glacier.

Le 26, à 2 heures du soir, on peut admettre que le volume d'eau avait diminué de moitié. Cette diminution d'eau après trois jours de brouillard et de basse température est toute naturelle ; elle est confirmée par d'autres observations nombreuses.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Aussert.

LOCALITÉS.		TEMPÉRATURES.
Grimsel 1880^{m} alt.	**Températures du lac à diverses profondeurs.**	

Dans un bateau solide, accompagné de deux guides et de domestiques de l'hospice qui possèdent le savoir-ramer, je me rends au lac supérieur, qu'on nous a indiqué comme étant le plus profond. — Une pierre est attachée à une corde, et nous trouvons après plusieurs sondages au milieu du lac une profondeur uniforme sur une grande étendue qui se maintient à 16^{m}. — Sur une planchette je fixe un thermomètre minima à curseur dont la disposition permet de fonctionner parfaitement et très-exactememt dans une position verticale. Ce minima, qui est appelé à rendre de grands services, a été, il y a quelques mois, inventé et construit par **M. Baudin**, qui lui a donné le nom de *minima vertical à marteau*. — Le zéro a été vérifié dans l'obscurité (point essentiel en hautes régions par un temps serein et soleil). Cette vérification est facile à faire, les matières gelées ne manquent pas. La gradation de ce minima comparé avec un thermomètre étalon est rigoureusement exacte pour tous les degrès qui sont assez grands pour lire les dixièmes de degrès. Le curseur fonctionne parfaitement; il descend par un abaissement de température et reste fixe à minima, et n'est nullement influencé par une température plus élevée; ni secousses, ni agitations ne le dérangent, pourvu qu'il conserve une position à peu près verticale. Incliné à 45° et même moins, il fonctionnera encore parfaitement. En le retournant dans une position verticale, la boule en l'air, le marteau (fil métallique) quitte la boule, vient appuyer contre le curseur et le place à l'extrémité de la colonne d'alcool. Pour le mettre en observation, on le renverse (tourne) et on lui donne une position verticale, la boule (réservoir) au bas, le marteau descend et prend place dans la boule-réservoir. Le curseur, par un abaissement de température, est entraîné régulièrement et reste fixe quand il a atteint le minima de température qu'il a subi.

Sous bien des rapports ce minima vertical à marteau réunit des qualités que le minima horizontal ordinaire ne saurait rendre. Le déplacement horizontal, un choc ou une secousse dérangent le curseur de ce dernier, et il ne fonctionne bien qu'étant au repos. Les maxima et minima verticaux à curseurs métalliques qui se règlent avec l'aimant peuvent servir sans doute pour prendre les températures de l'eau à diverses profondeurs, mais malheureusement ce thermométrographe, par les secousses inévitables du transport, est très-sujet à subir des altérations.

Le minima à marteau fut fixé sur une planchette en bois. Une forte ficelle en prolongement de cette planchette était attachée à un morceau de roche d'un certain poids et qui laissait un espace de 1^{m} entre poids et planchette; une corde d'un petit diamètre, mais très-solide, fixée à la partie supérieure de la planchette, ayant des marques espacées d'un mètre, servait à descendre cet appareil de sondage jusqu'au fond du lac, et la planchette se trouvant à 1^{m} au-dessus du poids, ce dernier touchant le sol et la corde tendue, le minima restait vertical.

Pour vérifier de nouveau les fonctions du minima à marteau, j'ai commencé par prendre avec un thermomètre ordinaire la température du lac à l'ombre du bateau; à 0^{m},10 de la surface de l'eau du lac la température était de 14°,2 : plusieurs lectures successives ont donné le même résultat. On a mis la boule du minima, fixée à la planchette, à la même profondeur, toujours à l'ombre du bateau : les indications étaient à 14°,2. La surface du lac était parfaitement unie (comme un miroir), pas la moindre agitation, calme plat. On a descendu le minima à marteau à 10^{m} de profondeur, et 10 minutes plus tard, en le remontant, il est revenu avec un minima de 9°.2. Trois observations successives ont confirmé cette température. En lisant l'instrument, il faut avoir soin de ne pas sortir la boule du minima de l'eau; par l'exposition à l'air la boule étant mouillée, elle pourrait fonctionner comme psychromètre et l'observation serait faussée.

On a fait dévaler à 15^{m} de profondeur. La roche attachée à la corde en prolongement de la planchette

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.	ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative		
1862 Août	20	4 s.		12°,0					0	0,0 Soleil.

La journée était belle; calme plat, découvert et soleil.

touchait le fond du lac; la corde était tendue et on avait eu soin de faire dévaler la corde très-lentement, et dès que le poids touchait le sol, on a un peu relevé afin que la planchette restât bien horizontale. Vingt minutes plus tard on a remonté l'instrument, et le minima était entre 4°,9 et 5°. — On a de nouveau descendu la planchette avec les mêmes précautions à un autre emplacement et même profondeur; 20 minutes plus tard on l'a remontée. Malheureusement la planchette est remontée à vide, le minima s'était détaché et il est resté au fond du lac.

Je possédais encore des minimas à marteaux, mais la journée était trop avancée pour recommencer l'observation. Par malheur, le lendemain matin le vent n'a pas permis d'opérer sur le lac, et à mon retour les mêmes circonstances défavorables se sont représentées. Je dois ajouter que, dans cette observation, quoique isolée, j'ai toute confiance.

Température du lac. Surface . . . . . 14°,20
10m profondeur . . . 9.20
15m — . . . 4.95 à 1m au-dessus du fond du lac.

Les deux lacs du Grimsel, situés à peu de distance à l'Est de l'hospice couvrent une assez grande étendue de terrain; ils sont en communication l'un avec l'autre par une largeur d'eau de 10 a 15m de même longueur, dont la profondeur d'eau n'est que de quelques mètres. Les lacs sont alimentés par les eaux qui descendent des glaciers couvrant les cimes du Nægelis-Grœthli. L'écoulement du lac, un petit ruisseau, se trouve à l'hospice même : l'eau est très-limpide et d'une transparence remarquable. Cette pureté de l'eau, qui ne contient aucune matière en suspension, même par les plus forts vents, est une preuve que les glaciers et les nevés temporaires qui fournissent cette eau sont à une altitude où les glaciers et les nevés sont adhérents au sol, gelés dans la partie qui touche le sol, et ne broient pas de matières.

DENSITÉS ET VOLUMES DE L'EAU DISTILLÉE.

Différence avec maximum de densité.	Températures.		Densités.	Volumes.
—0,082000	Glace	0°,00	0,918000	
—0,000127	Eau	0,00	0,999873	1,0001269
—0,000073		+ 1,00	0,999927	1,0000730
—0,000034		2,00	0,999966	1,0000331
—0,000001		3,00	0,999999	1,0000083
Maximum de densité.		4,00	1,000000	1,0000000
—0,000001		5,00	0,999999	1,0000082
—0,000031		6,00	0,999969	1,0000309
—0,000071		7,00	0,999929	1,0000708
—0,000122		8,00	0,999878	1,0001216
—0,000188		9,00	0,999812	1,0001879
—0,000269		10,00	0,999731	1,0002684
—0,000875		15,00	0,999125	1,0008751
—0,001787		20,00	0,998213	1,00079 .
—0,004312		30,00	0,995688	1,00433 .

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.	TEM RATU

Tableau des températures de l'eau dans les lacs de la Suisse

par **de Saussure** (voy. nos *Matériaux*, t. II, p. 357).

DÉNOMINATION des lacs.	Altitudes.	Profondeur.	Température de l'air.	TEMPÉRATURES Surface.	TEMPÉRATURES Fond du lac.	DATES des expériences.	
Lac de Genève. . .	375m	308m	2°,13	5°.63	5°,38	6 Février	177
Lac de Genève. . .	375	201	4,38	5,63	5,13	7 et 8 Février	177
Lac de Constance. .	396	120	18,13	17,50	4,25	25 Juillet	178
Lac de Lucerne. . .	436	195	23,25	20,38	4,88	28 Juillet	178
Lac de Neuchâtel. .	433	105	24,00	23,13	5,13	17 Juillet	177
Lac Majeur.	210	108	22,88	25,38	6,75	19 Juillet	178
Lac de Thun. . . .	564	113	20,63	19,00	5,00	7 Juillet	178
Lac de Brienz . . .	565	162	20,63	19,38	3,80	8 Juillet	178
Lac d'Annecy. . . .	433	53	12,50	14,38	5,63	14 Mai	178
Lac de Bourget. . .	522	78	14,75	17,88	5,63	6 Octobre	178

Le tableau de **De Saussure** nous donne pour moyenne de ces dix lacs :

Altitudes 430m

Profondeurs 144m

Températures au fond des lacs 5°,15, max. 6°,75, min. 3°,80.

Le chiffre de la température du fond des lacs de 5°,15 se rapproche beaucoup de la température l'eau est à son maximum de densité; soit de 3° à 5°, comme on voit par le tableau ci-dessus, l' 3° étant seulement 1 millionième plus léger qu'à 4°, et il en est de même de l'eau à 5°.

La température au fond du lac du Grimsel 4°,95 est certes peu différente de ce maximum de de

Grimsel 1880m alt.	Eau à la sortie du lac	Lac
	Eau à la sortie du lac	»
	Eau à la sortie du lac	»
Aarboden au pont, 1830m alt.	Eau de l'Aar à 9 matin	Aar
	Eau de l'Aar à 11 matin	»
Aarboden chalets 1890m alt.	Sol non gazonné, sable fin :	
	0m,03 profondeur	Sol
	0.10 — sable et galets de petites dimensions	»
	0,20 —	»
	0,30 —	»
	0,40 — il surgit de l'eau	»
Pente termin. du glacier 1895m alt.	A 40m en aval de la voûte du glacier.	
	Torrent de l'Aar	Aar
	Par des journées chaudes et sereines il est dangereux de s'approcher de la pente terminale et surtout de la voûte des glaciers, et on ne doit y séjourner que le matin par temps froid et couvert.	

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

DOLLFUS-AUSSET.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.	ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative		

Je conclus de ces observations que le sol a peu d'influence sur la température des lacs et que, depuis la surface jusqu'au fond, les couches d'eau se placent suivant leur densité, et que dans les lacs d'une certaine profondeur, par la même raison, la température sera au maximum de densité de 3° à 5° C au fond du lac.

Jaun (mon guide en chef) a séjourné plusieurs hivers à l'hospice du Grimsel : il m'a assuré qu'il n'a jamais vu la surface des lacs couverte d'une couche de glace unie, et voici les renseignements qu'il m'a transmis à cet égard. Les premières neiges persistantes tombent au Grimsel ordinairement au commencement du mois de novembre, et lorsque la chute est forte, ces neiges surnagent à la surface de l'eau qui n'était pas gelée. Une nouvelle chute survenant, elle s'ajoute à celle qui surnage, ou bien, si elle est fondue, elle surnage comme la première; peu à peu cette neige imbibée d'eau se gèle par suite de froids et sert de base aux chutes suivantes qui finissent par couvrir tout le lac à la même hauteur que le sol. Cette neige exerce une pression sur l'eau, et quoique le lac ne reçoit en hiver plus d'affluents, le ruisseau d'écoulement fournit de l'eau jusqu'à fin avril, époque où il ne tombe plus de neige; la pression sur la surface par les chutes successives s'est toujours fait sentir, mais lorsque ces chutes cessent, l'équilibre est établi.

L'ami **Desor** et moi, dans une course au glacier de l'Aar en janvier 1846, nous avons pu nous convaincre que c'est ainsi que se passent les choses. Nous avons enlevé la neige qui couvrait la surface de l'eau de 2m,50 de hauteur, et au-dessous il y avait de la neige imbibée d'eau et agglomérée par la gelée, mais seulement d'une certaine épaisseur qui n'était pas assez forte pour porter le poids d'un homme. Au moyen d'une perche on a traversé cette épaisseur de conglomérat et l'eau a jailli à quelques centimètres de hauteur. En enlevant la neige qui couvrait le ruisseau d'écoulement du lac, nous avons trouvé un filet d'eau à peu près dix fois moins fort qu'en été qui s'en échappait.

Voyez la confirmation de cette observation dans ce même volume : *Températures Sols, Eaux, etc. — Faulhorn.*

Dans cette même course, en janvier 1846, à la pente terminale du glacier inférieur de l'Aar, j'ai fait enlever 2m,50 de hauteur de neige pour arriver au sol, soit fond du torrent, où sortait l'eau l'automne passé, et nous avons trouvé le terrain parfaitement sec. Aucune eau ne sortait du glacier.

1862 Août	20	6 s.		11°,0						0	0,0 Soleil.
1862 Août	21	8 m.		10,6					O	2	0,7
1862 Sept.	20	Midi.		7,0					O	1	1,0 Brouillard.
1862 Sept.	20	9 m.		9,0					SE	1	0,3 Soleil.
1862 Août	21	11 m.		16,0						0	0,5 Soleil.
1862 Août	21	Midi.		11,6						0	0,3 Soleil.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.			TEMI TU
Pente termin. du glacier 1895m alt.	Des matériaux souvent volumineux, par suite d'ablation, se détachent et roulent sur la pente.		
	Par un temps couvert et froid, j'ai souvent pris la température du torrent directement à sa sortie de la voûte et je l'ai toujours trouvée exactement à 0°,0 (à zéro).		
Aarboden.	Le 20 septembre 1862, mon petit-fils **Charles Hofer** et le guide en chef *Melchior Blatter* se sont rendus à l'Aarboden pour observer les températures de plusieurs sources qui surgissent à diverses hauteurs sur les pentes rive gauche de l'Aarboden, au Nord de la passerelle sur l'Aar.		
	1re Source, approximativement à 150m alt. au-dessus de la vallée, 1980m au-dessus de la mer. Elle jaillit du sol par une ouverture de 20		
Rosenlaui hôtel et bains 1335m alt.	En aval, à l'Est de l'hôtel, près de la scierie, rive gauche du torrent, un peu sur la hauteur, terrain non gazonné.		. . .
	0m,03	profondeur	
	0,10	— Schiste décomposé et sable sans gros matériaux dans	
	0,20	— tout le parcours de surface à 2m,60 profondeur.	
	0,30	—	
	0,40	—	
	0,50	—	
	0,60	—	
	0,70	—	
	0,80	—	
	0,90	—	
	1,10	—	
	1,20	—	
	1,30	—	
	1,40	— De 1m,40 à 2m,00 même température	
	1,50	—	
	1,60	—	
	1,70	—	
	1,80	—	
	1,90	—	
	2,00	—	
	2,10	—	
	2,20	— Terrain plus humide	
	2,30	—	
	2,40	—	
	2,50	— Terrain très-humide	
	2,60	— Suintement d'eau qui a la même températ. de 9°.2.	
	Pont sur le torrent vis-à-vis l'hôtel de Rosenlaui. Eau en amont de l'affluent du torrent qui sort du glacier de Rosenlaui (17 août 1862, midi)		Eau du t

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

DOLLFUS-AUSSET.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.	ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative		

centimètres carrés (soit de 20 centimètres de largeur et autant de hauteur). Cette eau est claire et limpide.

Température de l'eau à sa sortie . . . . . 5°,6.

2e Source, approximativement à 250m alt. au-dessus de la vallée, 2080m alt. au-dessus de la mer. Eau claire et limpide, même volume que la 1re source.

Température de l'eau à sa sortie . . . . . 5°,2.

3e Source, à 450m alt. au-dessus de la vallée, 2280m au-dessus de la mer. Cette source sort de deux ouvertures peu éloignées l'une de l'autre, et son volume réuni est triple des autres. L'eau est claire et limpide.

Température de l'eau. . . . . 4°,5.

La différence pour une hauteur de 300m est de. . . . . 1°,1.

La décroissance de température par la hauteur existe, mais les altitudes étant approximatives, cette conclusion laisse à désirer.

1862 Août	17	8 m.							0	1,0	Couvert.

Glacier de Rosenlaui (pente terminale, approximativement 1525m alt.).

Renseignements transmis par **M. Brunner père** (d'un âge très-avancé), qui habite Rosenlaui en été depuis sa jeunesse, qui date du siècle passé. Ce persévérant naturaliste et botaniste m'a fait voir son journal où il a consigné les observations faites au glacier de Rosenlaui.

En 1805, la pente terminale du glacier était approximativement à 100 pas (80m) plus en arrière qu'elle ne l'est aujourd'hui en août 1862.

En 1821 le glacier s'étendait jusqu'aux arbres actuels qui forment cintre. Ces arbres séculaires prouvent que c'était sa plus grande extension depuis une longue époque.

Depuis 1821, dans certaines années, il est resté stationnaire, c'est-à-dire que la fonte contrebalançait son avancement. Jamais il n'a avancé, c'est-à-dire d'un automne à l'autre la pente terminale était plus en arrière.

Cette diminution constante n'étonnera aucun observateur glacialiste. Le glacier de Rosenlaui n'a pas sur son talus terminal de matériaux sur le dos qui le protégent contre l'ablation, et depuis le cintre des arbres jusqu'à la pente terminale actuelle on ne voit pas de roches déposées par le glacier depuis 1821, tandis que ce cintre est formé par un bourrelet de matériaux qui ont été déposés à cette époque.

En août 1862, la pente terminale du glacier de Rosenlaui est à 190m (exactement) de la ligne des arbres et de la moraine qui forme cintre.

Depuis la pente terminale actuelle (août 1862) jusqu'à la rive gauche de l'échancrure verticale où coule le torrent, il y a une distance de Sud à Nord de 94m, et jusqu'à l'enceinte des arbres 96m de plus, total 190m déjà cités.

Les gens du pays ont une idée fixe, que le glacier de Rosenlaui restera stationnaire longtemps; ils prétendent qu'il diminuera encore à la pente terminale, et ils ajoutent : le glacier n'a pas de matériaux sur le dos, et la fusion de l'été n'est pas remplacée par sa marche (sa progression). — Un chalet a été construit en aval du glacier, à moitié distance de l'enceinte des arbres (de 1821) et la pente terminale actuelle (août 1862). — Une forte avalanche de roches peut survenir, la surface du glacier sera protégée et il envahira de nouveau le terrain en aval.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.		TEMPÉRATU
Rosenlaui hôtel et bains 1335m alt.	Eau d'une source qui sort d'un tuyau de fontaine vis-à-vis de l'hôtel	Source
	Source d'eau minérale très-faible à l'Est de l'hôtel	Source mi
Rosenlaui dans les hauteurs 1535m alt.	A la base du Wellhorn, à une altitude approximative 200m plus élevée que le fond de la vallée (1535m au-dessus de la mer), on voit couler sur la pente un ruisseau assez volumineux. Cette eau surgit du sol à deux emplacements, à peu de distance l'un de l'autre.	
	Mon petit-fils **Charles Hofer** et **Melchior Blatter**, guide chef, se sont rendus à cet emplacement le 17 août 1862, à 2 heures soir.	
	La source inférieure sort d'une ouverture à peu près circulaire de 0m,10 de diamètre, dont elle remplit tout l'orifice.	
	Température de la source à sa sortie du sol.	Source
Scheidegk auberge 2106m alt.	Près de l'auberge, plein air, sol sablonneux non gazonné.	
	0m,03 profondeur	Sol
	200 pas en aval de l'auberge à l'Ouest.	
	Tache de neige ventée d'une certaine étendue couvre le sol. Cette neige est grenue, humide et à 1m,50 de hauteur.	
	Déblayé la neige à 1m d'avancement. Sous le nevé en contact avec le sol pas gelé.	
	Sous le gazon qui était couvert de neige, soit à 0m,20 profondeur, température du sol	Sol
	A 5m de distance de cette tache de neige terrain non gazonné, où la neige a disparu depuis longtemps.	
	0m,03 profondeur.	Sol
	0,10 —	»
	0,20 —	»
	0,30 —	»
	0,40 —	»
	0,50 — gros matériaux.	»
Scheidegk auberge 2100m alt.	En aval, à l'Ouest de l'auberge, dans un terrain non gazonné.	
	0m,03 profondeur.	Sol
	0,10 —	»
	0,20 —	»
	0,30 — gros matériaux.	»
	En aval, à l'Est de l'auberge, une mare d'eau stagnante sans écoulement.	
	Température de l'eau	Eau
Faulhorn auberge 2680m alt.	Trou en terre en aval de l'auberge, terrain gazonné exposé toute la journée au soleil	. . .
	Localité où la neige n'est pas accumulée par le vent.	
	0m,10 directement sous le gazon	Sol
	0,50 roches décomposées et matériaux de petites dimensions . .	»
	1,00 — — — — . .	»
	1,30 roche en place	»

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie. — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.		ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative			
Cette même remarque peut s'appliquer parfaitement au glacier supérieur du Grindelwald. Une enceinte de très-gros blocs perchés sur la moraine, déposés en 1835 en face du glacier, n'a pas été atteinte depuis cette époque. En août 1860, la distance en ligne droite, depuis cette enceinte jusqu'à la pente terminale du glacier était de 110^m mesurés avec la chaîne. Depuis l'enceinte des blocs (1835) jusqu'à la pente terminale, très-peu de matériaux sont déposés sur le terrain, et le glacier en porte fort peu sur le dos. — Le glacier du Rhône, qui ne porte pas de matériaux sur le dos, reste stationnaire, tandis que le glacier de l'Aar inférieur, qui est complétement couvert de matériaux depuis pente terminale à une grande distance en amont, a une marche régulière de progression approximativement de 10^m par an, confirmée par mes observations de 1844 à 1863.												
Ces citations de progression à la pente terminale par suite de protection contre l'ablation par des ma-											
1861 Juin	18	11 m.	18°,0	17°,0					0		0,2 Soleil.
tériaux qui couvrent la surface des glaciers, est règle générale; et la meilleure preuve est l'observation suivante : A la pente terminale du glacier inférieur de l'Aar nous voyons des variations d'envahissements à de certains emplacements. Là où le talus devient trop abrupt, les matériaux tombent à la base, la surface n'est plus protégée, l'action des rayons solaires est très-forte, et il y a diminution, malgré la marche progressive. Pendant l'hiver toute la surface couverte de neige protége de l'ablation, la pente abrupte devient moins inclinée, les matériaux qui tombent du haut s'y accumulent, et la progression continue. — Outre cette couverture de matériaux protecteurs contre l'ablation, il y a encore d'autres influences qui sont à signaler. — Par suite d'un hiver de chutes de neige hors ligne, suivi d'un été généralement froid et de journées nombreuses de temps couvert, l'ablation à la pente terminale ne sera pas aussi forte que la progression, et le glacier gagnera une certaine longueur sur le terrain. L'exposition de la pente terminale, l'orientation et l'encaissement dans lequel elle arrive ont une grande influence. — Le glacier d'Aletsch, il y a un certain nombre d'années, étant entré, à la pente terminale, dans une vallée étroite où les rayons solaires ne pénètrent que fort peu de temps pendant la journée, progresse d'une manière uniforme.												
1862 Août	16	2 s.		11°,1						0	0,7 Soleil par mom.
1860 Août	13	11 m.	8°,8	7,5			5°,6	88	0	1	0,5 Sol. dep. matin.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.		TEMPÉRATURES.
	Dans certaines années, fin août, le petit glacier au bas du cône du Faulhorn est dans son ensemble découvert pendant quelques jours et il ne reste que quelques taches de neiges anciennes et partielles à surface très-sale. Dans la partie supérieure du glacier, terrain en pente où l'eau d'ablation s'écoule et où le glacier est à découvert, la glace a peu d'épaisseur sur le bord. — La glace est adhérente au sol complétement gelé (soudés ensemble). Ce sol en contact s'entame très-difficilement avec la pioche, et lorsqu'on parvient à en détacher des parcelles, elles sont dures comme la roche. Exposées au soleil pendant peu de temps, ces parcelles se ramollissent, s'humectent et se résolvent en sable et terre divisée et pâteuse. En enlevant la glace du sol à peu près d'un mètre carré, le sol est parfaitement sec et gelé fortement. Les rayons solaires l'échauffent et il dégèle dans la partie supérieure, à quelques centimètres de profondeur, au bout de quelques heures; mais au-dessous il est complétement gelé. On ne s'est pas contenté de cette seule observation. On a enlevé la glace sur les bords du glacier à différents endroits, et toujours le même résultat: la glace était adhérente, gelée, cimentée avec le sol. A 0m,20 du bord du glacier, où la glace qui couvrait le sol a disparu par ablation depuis quelques jours, la surface est dégelée jusqu'à 0m,15 et 0m,20 de profondeur; mais au-dessous le sol est gelé et très compacte. Août 1860. Le petit glacier du Faulhorn est complétement couvert de nevé (neige grenue), nulle part la surface du glacier n'est à découvert, et au bord du glacier ce nevé s'étend encore sur le sol. En enlevant du nevé qui couvrait le sol de quelques centimètres d'épaisseur seulement, ce nevé n'était pas adhérent au sol; il était mouillé, mais le sol dessous était fortement gelé. En enlevant du nevé qui couvrait le sol de 1m de hauteur, le bas du nevé était adhérent au sol et gelé au sol à quelques centimètres d'épaisseur seulement, et c'est sur la surface de cette épaisseur que coulait l'eau d'ablation qui traversait ce nevé jusqu'à cette couche compacte. Cette faible couche compacte sur le sol est un commencement de glacier (embryon glaciaire) à cette altitude. En enlevant le nevé sur le glacier même, ce nevé n'était nullement adhérent à la surface sale du glacier proprement dit; cette petite couche de nevé gelé n'existait pas et l'eau d'ablation qui avait traversé le nevé s'écoulait sur la surface du glacier. A 1m	
Grindelwald 1074m alt. **au Faulhorn** 2680m alt.	Le 11 mars 1862 je quitte le Grindelwald à 9 heures matin avec 6 guides chargés de provisions, du matériel pour les observations : de pioches, de pelles, de perçoirs de glace, etc. A Grindelwald le sol est généralement dégarni de neige, il ne reste que quelques taches ventées. Ces circonstances sont très-rares dans cette saison qui est l'hiver pour cette localité, où ordinairement le terrain est encore généralement couvert de 1m de hauteur de neige. Le temps est splendide, horizon complétement dégagé; pas la moindre vapeur et calme plat.	. . . . .
Lauvine-Alp 1400m alt. approx. *Route du Grindelwald au Faulhorn.*	De Grindelwald jusqu'à la localité que mes guides désignent sous le nom de *Lauvine-Alp*, nous ne suivons pas le chemin tracé, nous marchons sur le gazon, et c'est dans cette localité que nous trouvons la première neige. Nevé gros grains couvre le sol de 0m,50 de hauteur. tout est nevé jusqu'au gazon. Ce nevé, en contact avec le sol, n'est pas gelé, pas adhérent. Le gazon est mouillé et à 0°,0 dégelé. 0m,25 profondeur sous le gazon . . . . . 0°, 0,50 — — . . . . . 0, De gros matériaux ne permettent pas de descendre plus bas.	. . . . .

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.		ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative			
de distance à l'Est du nevé qui couvrait le sol, terrain schisteux non gazonné, où la neige a fondu depuis plusieurs jours.											
					0m,03 profondeur, température					8°,7	
					0,30 — roche en place					2,9	
1860 Août	15	9 m.							O	2	0,2 Soleil.

En aval de l'auberge du Faulhorn (chemin de Grindelwald) à la base du Simmelihorn (approximativement 2600m alt.), localité où la neige est fortement ventée et où il tombe des avalanches des hauteurs, et ne recevant les rayons solaires que quelques heures dans la journée, nous voyons depuis un grand nombre d'années, en août, de grandes taches de neige qui sont persistantes et dont la surface, couverte de poussière et de menues roches, indique que ce nevé est ancien et que les chutes de neige de l'année qui le couvraient se sont fondues. On a fait un trou à travers ces nevés, où ils avaient 2m de hauteur. Ce nevé était humide et à gros grains, non soudés, de surface à 1m,80 de profondeur, alors nevé soudé de 0m,20 d'épaisseur, et passé cette glace on arrivait au sol, et la partie qui touche le sol était gelée, soudée seulement au sol, qui était lui-même fortement gelé, absolument comme au petit glacier du Faulhorn. Cette épaisseur de glace était l'embryon glaciaire, qui peut encore se développer et prospérer à cette altitude de 2600m à la base de côtes qui protégent des rayons solaires la neige qui le couvre. D'autres taches de neige se trouvent à une altitude de 50m plus bas, leur aspect est le même; mais en les traversant jusqu'au sol on ne voit plus cette épaisseur de nevé conglomérat gelé, et le sol, non-seulement n'est pas adhérent ni gelé, mais il est à 0°,0 dégelé.

A cette altitude et même exposition l'embryon glaciaire ne peut plus se former, et peu importent les quantités de neige, jamais il ne se formera un glacier, et cependant l'altitude ne diffère que de 50m.

Cette conclusion n'est nullement une hypothèse : elle est confirmée par un très-grand nombre d'observations positives. Et certes, ces recherches ne sont pas un travail de cabinet. Les circonstances météorologiques en hautes régions ne sont pas toujours couleur de rose.

1862 Mars	11	9 m.		3°,1	0°,2	3,16	−4°,9	55		0	0,0 Découvert.

Gelé la nuit. Les flaques d'eau sur la route sont gelées.

1862 Mars	11	Midi	7°,9	5°,6	2°,1	3,52	−3°,5	52	SO	1	0,0 Découv., soleil.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.		TE RAT
Lauvine-Alp *Route du Grindelwald au Faulhorn.*	**Surface gazonnée dégarnie de neve depuis plusieurs jours.**	. . .
	0m,03 profondeur	
	0,10 —	
	0,20 —	
	0,25 à 0,45 n'est pas gelé, mais contient des parcelles de glace.	
	0,50 complétement dégelé et ne contient plus de glace	
	1,00 touche roche en place	
Bach-Alp 1998m alt. *Route du Grindelwald au Faulhorn.*	La neige couvre le sol uniformément de 1m,20 de hauteur, à l'exception de certains emplacements où elle est accumulée par le vent à plusieurs mètres de hauteur.	. . .
	Près du chalet enlevé la neige de 1m,20 de hauteur.	
	Sol, terre noire non gazonnée; en contact avec la neige, pas gelé. .	
	0m,50 profondeur, dégelé.	
	Nous laissons ce trou ouvert pour les observations à faire le lendemain.	
	Minima de nuit (abrité contre le rayonnement nocturne)	
	Neige plein air.	
	0m,03 profondeur	
	0,10 —	
	0,20 —	
	0,25 —	
	De 0m,25 à 1m,20 en contact avec le sol, partout 0,0 non gelé.	
	Le froid de la nuit a refroidi la neige jusqu'à 0m,25 profondeur.	
	La température à la surface de —6°,4, soit 3°,4 plus bas que le minima de nuit abrité, est l'effet du rayonnement nocturne par calme et zénith découvert.	
	Terre découverte au fond du trou creusé hier.	
	Hier elle était humide. Ce matin elle est gelée à plusieurs centimètres de profondeur.	

Nous nous mettons en route à 7 heures du matin. Le temps est splendide, calme plat. Les gui rendent attentifs sur quelques nuages et vapeurs à l'horizon au Sud qui couvrent les Schreckh ils disent que ce sont les précurseurs du *Fœhn* (SE), vent chaud qui pourrait gâter le beau te nous amener de la neige, comme le *Fœhn* en a l'habitude. Je leur répondis : « Pour la prédict

Bach-See 2276m alt. *Route de Grindelwald au Faulhorn.*	Lac d'une certaine étendue en aval du Faulhorn. — Le lac est couvert d'une couche de neige uniforme (non ventée) de 1m de hauteur. — Parmi mes guides se trouvait un jeune homme qui habite depuis plusieurs années, dans la saison d'été, une baraque construite sur la pente à moitié chemin du lac au Faulhorn, et qui connait par conséquent parfaitement la localité du lac. Sur mon invitation il a signalé le bord du lac d'une manière précise. Nous avons alors mesuré 20m d'avancement sur la surface de neige pour faire nos observations.	
	Observations. — Le lac est couvert uniformément de 1m de neige,	

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus - Ausset.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.	ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative		
1862 Mars	11	2 s.	8°,4	6°,5	2°,1	3,04	−5,4	42	Calme 0	0,0 Découvert. sol.

De cette localité, qui est à moitié chemin de Grindelwald aux chalets de Bach - Alp (ou Bachlager), nous avons pris le sentier qui descend à l'Est, pour éviter de traverser le bois où la neige est ventée. La neige grenue couvrait le sol partout à une hauteur de 1m; la surface était ramollie, on enfonçait jusqu'aux genoux. La dernière pente, très-abrupte, nous l'avons escalée assez péniblement, souvent en enfonçant jusqu'à la ceinture. — A 4 heures soir nous sommes arrivés à la Bach-Alp et avons pris gîte dans un des chalets.

1862 Mars	11	5 s.	−1°,0						Calme 0	0,0 Découvert,
— —	—	6 s.	−1°,7						Calme 0	0,0 Découvert.

Mes gens ont allumé du feu pour préparer le souper. Le bois ne manque pas. — Je m'installe dans une petite chambre garnie de fenêtres et d'une porte qui ferme bien. Dans un poêle en dalles, qui se chauffe depuis la cuisine, on fait un feu flamboyant. Dans une espèce de caisse qui se trouve dans le local les guides mettent du foin et disent : « Monsieur Papa Dollfus dormira là-dedans comme un bienheureux. » — Nous soupons copieusement. Les guides passent la nuit sur le foin, et moi dans ladite caisse. — Demain on se mettra en route de bonne heure.

1862 Mars	6 m.	12		−2°,9	−6°,4	1,39	−15,0	38	0	0,1

temps, fort souvent vous et moi nous étions d'accord le soir au sommet du Faulhorn, où l'horizon est très-étendu, et l'aubergiste était de notre avis, et le lendemain *gougx*, neige, grésil et pluie — temps atroce. Si nous pouvions par le fil télégraphique demander en Italie le temps qu'il fait, ce seraient de précieux indices; mais comme nous en sommes privés, espérons la continuation du beau. Quant à moi, je ne crois pas à un changement dans la journée. »

La surface de la neige est gelée, on marche facilement; cependant la croûte supérieure n'est généralement pas assez forte pour supporter partout le poids du corps, et à de certaines places on enfonce fortement. — Après deux heures de marche la neige se ramollit peu à peu. — Les guides, qui connaissent parfaitement la localité, évitent par des contremarches les emplacements de neige fraîche ventée, où on enfonçait non jusqu'à la ceinture, mais jusqu'au cou.

Certes, ces accidents ne présentaient aucun danger; mais ils arrêtaient la marche, et celui qui enfonçait à une grande profondeur ne pouvait, dans de certains cas, regagner la surface d'un seul bond; il fallait patauger dans cette neige profonde à une certaine distance, et comme j'étais dans ces circonstances moins adroit que mes guides, j'ai pris le parti de mettre la ceinture de gymnastique (ou de sauvetage), de fixer la corde aux anneaux et de me placer entre deux guides qui tenaient la corde et marchaient à distance. — Le guide en tête sondait avec l'*Alpenstock*, et la locomotion redevenait normale.

dont la partie supérieure est changée en nevé (neige grenue). L'emplacement de nos recherches est à 20m au Sud du bord du lac. Un guide muni d'une perche trouve à 100m de distance la même hauteur de neige.

Mes gens enlèvent la neige sur une surface de 2m carrés. Directement sous cette neige un conglomérat de neige imbibée d'eau et gelée, dont la surface est sèche, à la température de 0,0 gelé. — Avec le perçoir à glace (de 0m,10 de diamètre) on fore un trou; arrivé à 0m,80 de profondeur, le perçoir enfonce librement de 0m,05, et il jaillit de l'eau qui monte à quelques centimètres de hauteur et se répand sur la surface. Pour n'avoir pas les pieds mouillés, nous avons battu en retraite. Les guides ont enlevé la neige qui couvrait le sol sur terre ferme et ont apporté des pierres et des dalles que nous avons placées

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Bellevue-Aussert.

LOCALITÉS.	TEMPÉ RATURE

Bach-See. — *Route de Grindelwald au Faulhorn* (suite).

sur la surface inondée, et, fort à notre aise, nous avons continué à faire jouer le perçoir. La résistan était assez forte, et des esquilles de glace d'eau détachée surnageant à la surface, nous disaient que perçoir traversait une véritable couche de glace qui couvrait le lac. Au moment où la sonde a atte l'eau, après avoir traversé la couche de glace de 0m,45 épaisseur, nous n'avons pas remarqué que hauteur de l'eau qui avait surgi du conglomérat ait progressé en hauteur : elle est restée stationnair

J'ai soigneusement examiné les matériaux détachés par le perçoir, et j'ai reconnu que la dern couche traversée était de la véritable glace d'eau, telle qu'elle se trouve partout. Avec un bâton Alpes (*Alpenstock*), dans l'extrémité duquel nous avions enfoncé un clou de 8 centimètres de longu à angle droit, on a mesuré exactement l'eau signalée entre les deux couches de matière gelée, l'esp qu'elle occupait était de 5 centimètres de hauteur. — Pour nous rendre compte de la composition d première couverture de 0m,80 de hauteur, les guides ont de nouveau enlevé la neige à 20m de dista du premier emplacement, et c'est avec la pioche qu'on a entamé le massif. Notre première observa a été pleinement confirmée. C'est un conglomérat gelé de neige imbibée d'eau surprise par le froid.

Une pierre attachée à une forte ficelle et dévalée à travers le trou de sonde, touchant le fond du a indiqué une profondeur d'eau au-dessous de la couverture de glace de 10m,30. — Il eut été import de prendre la température de l'eau au fond du lac ; cela eut été facile, si le *minima à marteau* **M. Baudin**, qui fonctionne dans une position verticale, avait été inventé à cette époque. Je pos dais, il est vrai, un thermométrographe à maxima et minima fonctionnant verticalement, mais il s'é dérangé par suite des secousses infaillibles qu'il a subies dans son transport ; c'est du reste ce qui rive très-fréquemment.

Résumé des observations du lac.

Hauteur de neige de 1m. La partie supérieure gros grains, la partie inférieure petits grains, repos sur un conglomérat gelé sans y être adhérent et s'en détachant facilement.

Conglomérat de neige gelée, compacte, de 0m.80 épaisseur.

Eau à l'état liquide à 0°,0, de 0m.05 de hauteur, qui surgit, s'élève à travers le trou de sonde se répand sur la surface à plusieurs centimètres de hauteur.

Glace d'eau compacte, de 0m,45 épaisseur.

Profondeur de l'eau de surface, glace compacte jusqu'au sol 10m,30.

Conjectures sur la formation de ces couches diverses qui couvrent le lac.

Nous savons que la profondeur de l'eau à 20m du bord est de 10m,30. — Certes, il est difficile de j par cette donnée de la profondeur moyenne et du maximum ; mais d'après l'aspect général de l'en sement et des deltas de matériaux en amont et des rives de son écoulement, que j'ai souvent obse en été, je pense (simple supposition) que la profondeur des eaux ne dépasse pas 20m. — Cette co de glace compacte, véritable glace d'eau, s'est faite à la suite de journées froides en arrière-saison novembre, par exemple, avant les chutes de neige, et la première couche formée, la glace, par la longation du froid et toujours sans qu'il soit tombé de neige, est arrivée à une grande épaisseur, à que nous trouvons actuellement. — Puis, par un changement de temps, une forte chute de neig survenue, qui, suivie de journées chaudes, s'est fondue, ainsi que celle qui couvrait les parois de r qui encadrent le lac. En aval du lac, emplacement de l'écoulement qui est très-resserré, le pa s'est obstrué, l'eau a séjourné sur la surface à l'état liquide. Une forte chute de neige est surv cette neige, en tombant dans l'eau qui était à une basse température, a couvert la surface en form bouillie, qui s'est à son tour gelée sous forme de conglomérat, et les chutes de neiges suivante

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE				VENTS.	ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative		

été supportées telles que nous les voyons. — Fort souvent sur les lacs à de pareilles altitudes, la couche de glace n'existe pas et on ne trouve que le conglomérat de neige imbibée gelée, tel que je l'ai trouvé avec l'ami **Desor,** en janvier 1846, sur le lac du Grimsel. — On peut admettre en règle générale que les lacs des hautes régions se couvriront de glaces, gèleront à la surface par suite de journées froides avant les chutes de neiges persistantes. Mais si la neige tombe en abondance sur les surfaces d'eau des lacs, ils formeront une couverture de neige imbibée d'eau qui surnage, qui gelera, formera un conglomérat supportant toutes les chutes successives, aussi abondantes qu'elles puissent être. — Voyez *Lacs du Grimsel en hiver.*

Faulhorn.

En quittant le lac, au lieu d'escalader la pente que l'on monte en été et qui est impraticable en hiver, à cause des amas de neiges ventées, nous nous sommes dirigés au Nord pour gagner les hauteurs. La surface de la neige était ramollie, on enfonçait généralement jusqu'aux genoux; cependant la locomotion se faisait assez facilement (on finit par s'habituer à retirer à chaque pas la jambe de la neige). Mon guide-chef *Blatter,* qui est un intrépide chasseur, m'a fait remarquer une quantité de traces de lièvres et de renards qui étaient marquées sur la surface de neige depuis la localité de la Bach-Alp, et dont le nombre augmentait à mesure que nous nous élevions. Dans cette direction nous sommes arrivés sur la crête qui domine le *Gassen,* l'auberge du Faulhorn et toute la plaine en regard. — Après une heure de marche sans difficultés, nous nous sommes installés dans l'auberge à 1 heure et demie de l'après-midi. — Deux domestiques du maître-d'hôtel *Bohren* ont quitté le Grindelwald à 4 heures du matin, munis d'un supplément de provisions; ils sont montés par la côte Est et arrivés en même temps que nous.

Tout le monde s'est mis à enlever la neige qui était accumulée à la porte d'entrée de la cuisine et de la chambre des domestiques; le local même était couvert d'une forte couche de neige.

On a fait du feu dans la cuisine, à la chambre des domestiques et dans la salle à manger de l'hôtel, qui devait me servir de dortoir. — Les domestiques de l'auberge ont pris des dispositions pour mettre le pot au feu pour le souper du soir. L'un d'eux a préparé une fabuleuse infusion de café: pain, fromage et viande froide ont été placés sur la table, et ce n'était pas luxe. Après une marche prolongée dans la neige, l'appétit ne manque pas, et le corps a besoin de nourriture. — A trois heures soir, par un temps magnifique, mes six guides, frais et dispos, munis de pioches et de pelles, m'ont accompagné au petit glacier pour commencer les recherches que je me proposais de faire et dont le détail plus bas. Disons seulement que le soir on voyait dans la neige qui couvre le glacier une tranchée de 8^{m} de longueur, de 1^{m} de largeur et de 1^{m} de profondeur, et sur les côtés de la neige extraite jetée à une grande distance.

Aspect du cône terminal du Faulhorn.

Dans les localités où la neige n'a pas été accumulée par le vent, elle n'a généralement pas plus de 1^{m} de hauteur. — En enlevant cette couverture, le sol en contact est fortement gelé partout. — La pente du côté Ouest du cône du Faulhorn est dégarnie de neige, roche et gazon à découvert, sauf quelques anfractuosités du terrain, où l'on voit des taches de neige. — Sur la terrasse devant l'hôtel le sol est partiellement découvert. Derrière le bâtiment touchant le mur au Nord, la neige est accumulée plusieurs mètres de hauteur. — Au point culminant où se trouve le banc et la pyramide en pierre, il est à découvert. — Ces emplacements sont dégarnis, parce que la neige, à mesure des chutes, enlevée, balayée par le vent, et si ce n'est pas au moment de la chute, c'est plus tard.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

DOLLFUS-AUSSET.

LOCALITÉS.	TEMPÉ-RATURES.

Ces parcelles de terrain dégarnis de neige se voient à toutes les altitudes dans les Alpes et dans toutes les saisons; elles contrastent avec les localités où la neige est accumulée par le vent. — Les chamois et les lièvres trouvent en hiver une nourriture abondante dans ces localités, et au printemps la végétation s'y développe de bonne heure. — Un des domestiques du Faulhorn qui est avec nous me dit qu'il a passé deux saisons d'hiver à l'auberge pour exécuter des travaux de menuiserie (il est menuisier de son état), et qu'approximativement les mêmes terrains aujourd'hui dégarnis de neige l'étaient pendant tout l'hiver des deux années qu'il y a séjourné, et son camarade, qui a mission de monter trois ou quatre fois en hiver, dans des moments favorables, pour rendre compte de l'état dans lequel se trouvent les bâtiments, a confirmé le dire du menuisier, et les deux ont ajouté : « C'est au Gassen, sur

Faulhorn (glacier du Faulhorn).[1]

Le Gassen, à la base du cône terminal du Faulhorn, où se trouve le petit glacier, est totalement couvert de neige ventée à une très-grande hauteur. De toutes les localités environnantes, c'est celle où toutes les années sans exception le vent accumule la neige; c'est une espèce de cirque où la neige poudreuse chassée par le vent, n'importe sa direction, reste déposée. La hauteur est telle que ce n'est que dans les étés exceptionnellement chauds et par des journées sereines que cette couverture se fond totalement et laisse la surface du glacier à découvert fin août ou au commencement de septembre, pendant un temps assez limité. Ces circonstances se produisent une fois dans l'espace de cinq années. Nous savons que les glaciers couverts de neiges ou nevés ne subissent pas d'ablation et qu'à cette altitude leur base est adhérente (gelée au sol) dans toutes les saisons; par conséquent le petit glacier du Faulhorn se trouve dans les meilleures conditions pour se conserver et progresser. Il s'assimile une partie de l'eau de neige qui le couvre et est généralement protégé contre l'ablation par cette couverture, à de très-rares exceptions près; lorsque ce cas arrive, il est de peu de durée. — C'est surtout par l'étude de ce petit glacier que je suis arrivé à être assez osé pour établir la théorie :

Les neiges qui couvrent les glaciers sont temporaires, plus ou moins persistantes à toutes les altitudes; ces neiges se changent en nevés (neige grenue) qui ne se transforment pas en glace de glacier pour s'ajouter à la surface qui les supporte. Par leur fusion, l'eau de fonte est assimilée par le glacier qui leur sert de base, et c'est cette assimilation de l'eau qui fait progresser les glaciers à toutes les altitudes.[2]

Observations.

Mon but est de pénétrer à travers la neige jusqu'à la surface du glacier et de forer un trou à travers le glacier pour arriver au sol qui le supporte.

En 1860, au mois d'août, la surface du petit glacier du Faulhorn était à découvert, sauf quelques taches de neiges partielles.

Pour observer l'ablation, et surtout pour mesurer par la suite la hauteur de neige, j'avais placé dans un trou foré dans le glacier une forte perche qui dépassait la surface de 10^{m} de hanteur.

DA. [1] *Observations météorologiques au Faulhorn du 11 au 15 mars.* Voy. plus loin.

DA. [2] Certes, à toute théorie on peut opposer des observations qui ne la confirment pas et empêchent son admission. — Dans certaines localités on trouvera du nevé imbibé d'eau à la surface du glacier qui, par suite de froids en arrière-saison surtout, sont convertis en glace, en conglomérat gelé, on trouvera même de l'eau à l'état de glace, et les deux congélations seront intimement liées (adhérentes, ajoutées à la surface). Ce sont des cas très-exceptionnels et qui, dans l'ensemble de la masse, n'exercent aucune influence; exceptions dont on peut parfaitement ne pas tenir compte. C'est comme les taches de neiges partielles qui persistent sur le sol à de certaines altitudes en été et qui sont très-insignifiantes.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

DOLLFUS-AUSSET.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.	ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative		

le petit glacier, que la neige ventée atteint toutes les années la plus grande hauteur, et ce n'est que dans des années exceptionnellement chaudes et à la fin de l'été qu'elle se fond complètement et laisse le glacier à découvert pendant quelques jours seulement.»

A l'occasion de ces terrains dégarnis de neige en hiver, nous pouvons conclure que la végétation des Alpes, à toutes les altitudes où nous la voyons sur ces terrains, peut supporter des froids excessifs et que les plantes n'ont pas besoin de couverture de neige pour être préservées de ces abaissements de tempérarature.

1862 Mars	13	6 m.		−6°,0	−8°,4	1,49	-14°,1	51	NE 2	0,7

Minima abrité de nuit −6°,5. Ce matin zénith voilé.

Cette perche, fixée dans un trou de 0m,50 de profondeur, et bien verticale, fut entourée de pierres pour lui donner plus de fixité, et ces matériaux couverts de gazon. Par ce moyen le signal pouvait résister au vent, et ces matériaux préservant de toute ablation, contenaient la perche parfaitement verticale : la malveillance seule pouvait l'anéantir.

C'est à quelques mètres du bord Ouest et dans le glacier même qu'était fixée cette perche, et nous savions par des sondages qu'à cet emplacement l'épaisseur du glacier n'était pas forte. — Grande fut notre joie, lorsque hier, dans l'après-midi, en visitant le glacier, nous avons vu un bout de perche qui sortait de la neige et qui fut reconnue pour celle placée en 1860.

L'emplacement, convenable sous tous les rapports pour faire notre observation, était trouvé.

J'ai commencé par placer quatre bâtons des Alpes marquant un parallélogramme de 8m de longueur et 1m de largeur. — Mes gens se sont de suite mis à enlever la neige et à la jeter au loin ; le soir, après trois heures de travail actif, la tranchée de 8m de longueur et de 1m de largeur avait une profondeur uniforme de 2m.

Le lendemain, 13 août, dès le lever du soleil, les six guides se sont remis à la besogne. Je suis descendu dans la tranchée et ai marqué une longueur de 6m, dont tout l'espace devait être creusé de 1m, et comme la hauteur dépassant 2m était trop élevée pour jeter avec la pelle la neige à la surface, on a établi trois groupes de travailleurs qui de temps en temps changeaient de place. Deux au fond de la tranchée, dont l'un coupait avec la pioche des cubes de neige compacte que son camarade jetait avec la pelle sur la surface de 2m du fond qui restait intacte. Deux autres les jetaient au jour et les deux derniers les répandaient au loin. — Arrivé à 3m de profondeur, on a continué à creuser sur une longueur de 5m seulement, en jetant la neige sur les gradins et de là à la surface. — A midi, heure du repas, la tranchée avait 4m de profondeur. — De temps en temps, le guide-chef versait aux travailleurs un verre d'eau-de vie et les encourageait par son activité. — Tout allait au mieux et je pouvais m'occuper des observations météorologiques au Faulhorn fort à mon aise ; je ne me rendais à la tranchée que pour observer la température de la neige lorsqu'on avait foncé un mètre de plus.

A 2 heures soir on continue le travail à la tranchée sur une longueur de 4m seulement, en conservant toujours la largeur de 1m, et le soir on était à 5m de profondeur.

Le 14 août, toujours par un temps très-favorable, dès le jour les ardents travailleurs enlevaient la neige sur 3m de longueur. A 9 heures du matin le guide-chef vient me trouver au Faulhorn, où je m'occupais d'observations météorologiques, et me dit plein de joie : « Nous tenons la surface du glacier ! » —

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

DOLLFUS-AUSSET.

LOCALITÉS.	TEMPÉRATURES.
Je me rends au fond de la tranchée et je reconnais la surface du glacier couverte d'une couche de saleté; aussitôt je prends avec le thermomètre la température de la neige en contact avec la surface du glacier en faisant faire une large entaille, et je trouve une température de — 2°,1, qui a été la même à plusieurs endroits. — Pour reconnaître l'épaisseur du glacier, nous avons foré un trou avec le perçoir, et l'épaisseur reconnue n'étant que de 1m,15, j'ai ordonné de creuser 2m de longueur et de vider cet espace de glace pour bien examiner le sol en contact. La glace était effectivement le véritable glacier, parfaitement pure dans son intérieur, la saleté de la surface ayant pénétré partiellement à 0m,10 de profondeur. Cette glace était compacte; on voyait peu de bulles d'air et elle était parfaitement sèche. Après l'avoir traversée, on est arrivé au sol auquel elle était adhérente, au point qu'avec la pioche on enlevait la glace et la terre gelée en même temps. Le sol en contact (gelé au sol) avait une température de — 2°,1, la même que celle de la glace du glacier en contact avec la neige.	

Tableau des profondeurs, de l'aspect et des températures des matières gelées traversées par la tranchée.

PROFONDEURS.	TEMPÉRATURES.[1]	ASPECT DES MATIÈRES.
0m,20	1°,0	Peu adhérentes.
1,00	— 3,0	Depuis 1m jusqu'à 5m,45 en contact avec le glacier; la neige est tassée; même aspect cristallin comme du sucre raffiné, se détachant par cubes.
2,00	— 5,3	
3,00	— 4,5	
4,00	— 3,9	
5,00	— 2,5	Glace du glacier, 1m,15 épaisseur.
5,45	— 2,1	
6,60	— 2,1	

Densité de la neige.

A 1m de profondeur on a détaché un grand morceau de neige et on a scié (avec une scie ordinaire)

Grindelwald au Faulhorn.	Par un temps magnifique je quitte le Grindelwald le 14 août 1862. .	. . . . .
	Terrain non gazonné :	
	0m,03 profondeur	10°.6
Bach-Alp 1998m alt. *Route du Faulhorn.*	On est monté avec les vaches cette année au 6 juillet. L'époque normale est le 16 juillet, et on descend fin août.	
	Se trouvent en pâturage : 165 vaches, 200 pièces de jeune bétail, 100 chèvres, 100 moutons. Le produit moyen des vaches est de 6 litres de lait en 24 heures.	
	Eau du grand ruisseau près des chalets	11°.6
	Terre non gazonnée :	
	0m,03 profondeur	23.1

DA. [1] Les températures des neiges ont été observées à mesure que l'on a atteint la profondeur signalée; elles sont rigoureusement exactes.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

DOLLFUS-AUSSET.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.		ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative			
1862 Août		14	6 m.		9°,6	7°.8	7,00	6.0	78		0	0,0 Clair.
1862 Août		14	9 m.	14,4	13,0	8.6	5,50	2,5	50	SO	1	0,0 Soleil.

un cube de 0m,20 de côté, soit 8000 centimètres cubes. On a fait fondre ce cube dans la marmite de la cuisine, l'eau de fonte était de 3litres,6 (ou 3,600 grammes). — La densité ou pesanteur spécifique de cette neige tassée était de 0,450; l'eau = 1000.

Dans tout le parcours la neige avait un aspect de couleur et d'arrangements moléculaires, comme du sucre blanc raffiné. Elle était fortement tassée et se détachait en morceaux compactes volumineux, tel que le fait toute neige fine, poudreuse, ventée, et telle que nous trouvons en hiver la neige tombée par le froid et ventée en amas, où elle est très-serrée et supporte le poids d'un homme sans qu'il y enfonce. — Cette neige poudreuse, farineuse, sablonneuse, comme on voudra l'appeler, est balayée par le vent comme les sables du désert. — On voyait espacés de distance en distance des couches de glace compacte de peu d'épaisseur (1 centimètre au plus) et de la longueur de 1 à 5 décimètres qui proviennent probablement de fusion partielle que les surfaces exposées à l'atmosphère ont subies ou de condensation partielle. Ces parcelles étaient très-irrégulières, et sur toute la hauteur il y en avait dix à douze seulement. Nous n'avons pas remarqué d'intervalles de couches; toute la masse paraissait uniforme. — Les neiges traversées sont les chutes d'une année.

Le contact de la neige avec la surface du glacier n'était pas intime, la neige s'en détachait facilement, et certes aucune partie n'était ajoutée ni adhérente au glacier. — Il eut été sans doute interessant de voir le bas de la perche et les matériaux qui l'entouraient, mais nous tenions à la laisser en place, et notre tranchée s'est faite à commencer de 2m à l'Ouest, du côté du bord; de cette manière nous étions sûrs de trouver une moindre épaisseur de glace du glacier et arriver plus facilement au sol sous-adjacent.

Je dois, à l'occasion de ces recherches, témoigner à mes guides toute gratitude et remerciments pour le concours actif qu'ils m'ont prêtés.

Par le système de tranchées à ciel ouvert et par gradins métriques restés en place, le travail est facile et on peut foncer à une grande profondeur par des circonstances atmosphériques favorables. La tranchée devra toujours avoir une longueur proportionnée à la profondeur que l'on veut atteindre. — Sans échelle, sans treuil ni échafaudage, sans corde ni benne pour monter les matériaux, simplement muni de pioches et de pelles, des ouvriers actifs atteindront une grande profondeur. — Par ouvriers actifs j'entends citer nos guides de hautes régions (*Bergführer*), et nullement Messieurs les guides (*Herrenführer*) qui dirigent Messieurs les touristes, et moins encore ceux que l'on désigne sous la dénomination de porteurs, qui généralement marchent et se reposent.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]	ABLATION
[illegible]	[illegible]
[illegible]	Glacier du [illegible]

Le glacier est encore couvert de névé et de neige ; nulle part la surface de la glace n'est à découvert. La couverture générale est de la neige changée en névé gros grains et la couche de saleté uniformément répandue à sa surface prouve que c'est le restant de la couverture que nous avons trouvée dans notre exploration en mars, cette année.

De 2 à 6 h. sur l'horizon se couvre partiellement, du brouillard se condense sur les pics des Alpes — On voit quelques taches isolées de neige grenue d'une blancheur qui contraste avec le reste : c'est de la neige fraîche qui est tombée il y a quelques jours et qui persiste aux endroits où elle a été accumulée par le vent. — En mars la neige qui couvrait le glacier avait une hauteur de 5m.45, qui a été augmentée par les chutes du printemps que l'on peut estimer à 1m et plus, ce qui ferait une couverture totale fin mai de 0m.45. — Aujourd'hui cette couverture est en moyenne de 6m.45. — Pour 3 mois (90 jours) d'ablation, une moyenne de 66mm....... Dans cette estimation d'ablation n'est pas compris le tassement que subissent les couches inférieures par l'eau d'infiltration et la pluie. Je n'ai pas tenu compte des chutes de neige en plein été qui protègent contre toute ablation, souvent pendant quel-

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

DOLLFUS-AUSSET.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.	ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative		
1862 Août	14	Midi	14°,6	13°,5	9,0				SO 1	0,2 Soleil.

Dans tout le parcours, depuis la surface, du schiste noir friable ou menus morceaux, ayant la même humidité. C'est un cône de déjection; ces matériaux sont amenés et répandus par l'eau qui vient des hauteurs. A la profondeur de 1m,65 la température du terrain était à 5°,4, et en continuant de creuser, nous avons trouvé de l'eau qui s'est amassée. Cette eau était à 8°,6.

1862 Août	14	6 s.		7°,8	6°,1			SO 1	0,7 Nuages.

ques jours. — Nous savons que l'ablation maxima en 24 heures peut arriver à 120mm, et en moyenne elle est de 50 à 60mm. — Les 66mm approximatifs en 24 heures se rapprochent bien de la vérité.

La perche fixée dans le glacier est encore en place et dans une position verticale. — A l'emplacement où en mars nous avions fait la tranchée, le nevé est en forme d'entonnoir et rempli d'eau.

Nous avons enlevé le nevé ancien qui couvre le glacier à diverses places; la hauteur est de 0m,45 à 1m,10. Ce nevé est à gros grains, nullement soudé, pas adhérent au glacier, et partout à la surface du glacier, qui est couvert d'une couche de saleté, et directement sous le nevé dès que celui-ci est enlevé, il se forme un amas d'eau qui coule sur la surface.

Aux bords le nevé dépasse le glacier et couvre le sol à quelques mètres de distance; en l'enlevant on voit dans la partie en contact avec le sol une couche de quelques centimètres d'épaisseur de glace, de nevé, c'est-à-dire du nevé imbibé d'eau gelée adhérent au sol qui est gelé. En détachant ce conglomérat gelé avec la pioche, on enlève en même temps du sol gelé, qui est très-adhérent au conglomérat.

Du côté Ouest, à peu de distance du nevé, où le sol est à découvert depuis quelques jours seulement, nous avons fait des trous dans le terrain à plusieurs emplacements, et nous avons observé :

A 0m,10 de distance du nevé, le sol est dégelé à 0m,10 de profondeur.

A 0m,50 de distance, dégelé à 0m,25.

A 1m de distance dégelé de 0m,30 à 0m,40.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.		TEMPÉRATURES.
Faulhorn.	A 1m de distance :	
	0m,03 profondeur	10°,0
	0,10 —	9,6
	0,20 —	5,6
	0,30 —	2,5
	0,25 — gelé	0,0
	Il est difficile d'entamer avec la pioche ce terrain gelé, on ne peut en détacher que des fragments. Cette recherche a été faite le matin par temps couvert sans rayons solaires; j'ai placé un thermomètre dans un amas de ces parcelles de terrain gelé, et la colonne de mercure est descendue à — 1°,2. Ces mêmes morceaux de terrain gelé mis dans l'eau à 0°,0 se sont couverts d'une croûte de glace, ce qui prouve qu'ils étaient à un degré de température sensiblement au-dessous de zéro.	

Faulhorn (glacier). — Pente terminale à l'Est.

La pente terminale où se fait l'écoulement de l'eau est à l'Est, contre un ravin d'une très-forte pente. — En août 1860 nous avions débarrassé le nevé depuis le bord jusqu'au glacier positif et pratiqué une galerie montante qui suivait l'inclinaison du glacier. Cette galerie avait 1m,50 de hauteur, 1m de largeur et sur le glacier 5m de longueur. En aval et entre le talus nous avions enfoncé des piquets en bois, et de ces piquets jusqu'au glacier positif il y avait une distance de 10m, et de la galerie de 5m de largeur, il y avait donc une distance de 15m depuis les piquets jusqu'au fond de la galerie.

En août 1862 nous avons déblayé le nevé au même emplacement, et le commencement du glacier n'était pas à 10m comme en 1860, mais seulement à 7m, et le fond de la galerie qui était encore intacte, éloigné de 12m au lieu de 15m. Le glacier avait donc avancé de 3m en deux années. Toujours couvert de nevé dans cette partie, il n'avait pas subi d'ablation.

En enlevant le nevé qui couvrait le sol, ce nevé était mouillé et au-dessous il y avait une couche de glace de 0m,20 épaisseur, sur laquelle coulait de l'eau; mais ces 20 centimètres de glace enlevés, cette glace était adhérente, gelée au sol.

Le nevé qui couvrait la surface du glacier était sale à la surface; le nevé n'était nullement adhérent et l'eau coulait sur la surface.

La galerie de 5m de longueur présentait le même aspect qu'en 1860; elle n'était pas déformée, ses dimensions étaient les mêmes, à l'exception de la surface, qui était partiellement couverte d'une couche de glace d'eau qui, surprise par le froid, s'était gelée, et la raison pour laquelle elle s'était gelée, c'est que sur une largeur de 2m le toit trop faible de nevé s'était rompu et donnait accès à l'air depuis le haut.

Nous avons examiné attentivement le contact du nevé avec le glacier; il n'était nullement adhérent.

Je dois mentionner deux observations spéciales qui sont une preuve que le glacier est adhérent au sol et que le nevé ne s'ajoute pas au glacier. Ces observations sont très-importantes.

A l'auberge on recueille l'eau des chenaux du toit dans de grandes cuves, et c'est cette eau qui alimente la cuisine et c'est aussi celle que l'on boit.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

DOLLFUS-AUSSET.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.	ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative		

Les cuves en bois, alimentées par l'eau de pluie qui tombe sur les toits de l'auberge, se trouvent à sec dans les années de sécheresse et il faut avoir recours à l'eau du glacier. A cet effet, un cheneau en bois est placé dans le nevé directement à la surface du glacier, à la pente terminale à l'Est. Ce cheneau, d'une certaine longueur, a été mis en place, il y a déjà plusieurs années, l'écoulement se fait dans une cuve en bois enterrée en aval, et c'est là que l'on vient chercher l'eau pour l'auberge. — Dans cette cuve il n'y a pas le moindre dépôt de sable, et l'aubergiste nous assure que ce conduit d'eau est à la surface du glacier depuis au moins dix ans, qu'il a déjà vu le glacier à découvert dans cette partie (c'est-à-dire, le nevé qui couvre le glacier se fondre), mais que jamais ce cheneau n'était enfoncé dans la glace. Certes, si le nevé s'ajoutait à la surface du glacier, il eut été enterré, et l'aubergiste a ajouté que si le nevé s'ajoutait on ne verrait pas cette saleté uniforme sur la surface, et les bardeaux en sapin qui se détachent du toit de l'auberge par les forts vents et qui se déposent sur le glacier quand il est découvert, on ne les verrait pas séjourner à la surface : ils seraient plus ou moins enterrés, — et jamais cela ne s'est vu.

Une preuve évidente que le glacier est adhérent au sol (gelé au sol), c'est qu'on ne voit nulle part à la pente terminale l'eau sortir à l'endroit où le glacier est en contact avec le sol; cette eau ne coule qu'à la surface du glacier entre le nevé qui le couvre et la glace du glacier.

On est en droit de dire : Le glacier est adhérent au sol (gelé solidement au sol), et cependant il s'est étendu, il a progressé en aval, et cette progression est de 3^m en deux ans. — Certes, cette progression existe, et il ne pourrait progresser s'il était gelé sur toute sa hauteur; mais nous savons que la partie supérieure, celle au-dessus du point de contact peut progresser, s'appuyer sur le sol, s'y geler, et de couche en couche être envahie, ce qui a lieu, et l'eau qui arrive en trop grande abondance et qui n'est pas élaborée, assimilée par le glacier (et c'est cette assimilation qui le fait progresser), coulera non dessous (sur le sol), mais sur la surface du glacier et à travers les fissures capillaires de l'intérieur.

Faulhorn (glacier), pente terminale à l'Ouest.

A un emplacement à l'Ouest, terrain en pente, nous avons fait une tranchée à travers le nevé, puis à travers le glacier qui n'avait que 1^m d'épaisseur, et à $0^m,20$ au-dessus du sol la glace était sèche, et en contact avec le sol adhérente et fortement gelée, s'entamant difficilement avec la pioche. Le terrain découvert, chauffé par les rayons solaires, devenait humide et quelques heures plus tard se dégelait à quelques centimètres de profondeur. Des esquilles détachées de ce terrain gelé, placées sur une planchette, se dégelaient par les rayons solaires et se divisaient.

Les morceaux de glace de glacier détachés et placés sur une planchette au soleil, se séparaient en petits fragments, comme le fait la glace de glaciers.

A l'Ouest du glacier, à une distance de 100^m, emplacement où la végétation est très-développée, et où la neige n'est pas accumulée par le vent, nous avons fait une tranchée dans le terrain :

$0^m,03$	profondeur	14°,8
0,10	—	12,4
0,20	—	11,6
0,30	—	8,7
0,40	—	7,6
0,50	—	6,6
0,60	—	5,6
0,70	—	5,6

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.		TEM TU
Faulhorn.	0m,80 profondeur	
	0,90 —	
	1,00 —	
	1,10 —	
	1,20 — roche en place.	

Dans tout le parcours de la roche décomposée en fragments variables sans gros matériaux. — Cet emplacement est celui où nous avons réussi à creuser à 1m,20 de profondeur, et je ne pense pas qu'on en trouve de plus profond.

A la base du Simmelihorn.

A la base du Simmelihorn, au Sud des petites baraques que nous appelons *Auberge des Trois-Garçons* (trois frères y passent l'été), nous voyons depuis un grand nombre d'années, en été, des taches de nevé persistants, qui sont le reste des neiges accumulées par le vent et de celles qui tombent en avalanches partielles des hauteurs. Ce nevé est couvert d'une couche de saleté, sauf quelques taches blanches de neige de l'année. — Nous avons fait une tranchée à travers ce nevé, qui avait 1m,50 d'épaisseur. Il était dégelé, très-humide; mais à 0m,10 du sol il était gelé en conglomérat, véritable glace de nevé, et adhérent gelé au sol comme celui au Faulhorn. Cette altitude est approximativement de 50m plus basse que le petit glacier. La neige persiste, parce que les rayons solaires ne la frappent que pendant quelques heures dans la journée.

A une certaine distance de ce nevé persistant, où le sol est à découvert depuis assez longtemps, schiste noir :

0m,03 profondeur . . . . . .
0,30 — . . . . . .
0,60 — roche en place. . . . . .

Ces températures sont plus basses que celles observées au niveau du petit glacier.

Physiologie au Faulhorn.

Beaucoup de personnes ont été à même de faire l'observation sur leur propre individu que, pa d'une fatigue corporelle, la taille (hauteur totale) se raccourcit, et que par le repos la taille norm vient. Les jeunes gens de petite taille ont soin de faire des marches forcées avant de se présen vant le conseil de révision, et les agents de remplacement font rester dans l'inaction les indiv faible taille, afin qu'ils soient acceptés. — Par suite de courses fatigantes et de marches de t journée, et surtout par suite d'ascensions, j'ai mesuré la taille des grimpeurs, et toujours le len la hauteur totale était sensiblement plus grande.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.	ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative		

Arrivé au Faulhorn en mars 1862, j'ai placé successivement tous ceux qui faisaient partie de l'expédition contre une paroi en planches, et moyennant un livre relié, posé à angle droit, je mesurai exactement la taille en faisant un trait horizontal avec l'inscription du nom de l'individu. Le lendemain, même opération.

Ci-bas les résultats de cette observation :

NOMS DES INDIVIDUS.	AGE.	TAILLE LE SOIR.	TAILLE LE LENDEMAIN.	DIFFÉRENCE.
Dollfus-Ausset	65 ans.	1m,830	1m,837	7mm
Blatter (Melchior)	43 —	1,730	1,745	15
Blatter (Jacob)	25 —	1,750	1,761	11
Bohren (Peter)	40 —	1,635	1,655	20
Bohren (Rudolph)	27 —	1,645	1,656	11
Hildebrand	28 —	1,660	1,665	5
Moser	25 —	1,550	1,565	15
Meyer, domestique de l'auberge	42 —	1,660	1,670	10
Ecker (Johann), domestique .	26 —	1,700	1,708	8

Le 14, à 8 heures et demie du matin, *Moser* se rend par le chemin à l'Est au Grindelwald pour chercher des provisions. — A 6 heures du soir un des guides va à sa rencontre et le trouve à une heure de marche en aval du Faulhorn. Le pauvre garçon, du reste très-fort et robuste, est enfoncé dans la neige et tellement fatigué qu'il n'en peut plus. Son camarade porte la charge, un verre d'eau-de-vie ranime *Moser* et il arrive au Faulhorn à 9 h. soir. — Aussitôt il est placé contre la paroi et le lendemain il avait 40mm de taille de plus que la veille.

Ce raccourcissement de taille de 40mm est très-exceptionnel; il est à peu près le triple de ce qu'il était par la fatigue de Bach-Alp au Faulhorn. — Mais dans tous les cas il avait atteint un grand maximum, puisque l'individu était réellement à bout de forces.

Végétation du cône du Faulhorn.

Le cône du Faulhorn, au mois de mars, tel que nous l'avons dit, était du côté SE dégarni de neige et la surface du terrain échauffée par le soleil pendant la journée; les touffes de phanérogames indiquaient déjà un réveil. — J'ai fait détacher avec les racines un certain nombre de ces plantes, qu'on a placées dans une boîte, enveloppées de papier, pour en faire le transport. De retour à Mulhouse, je les ai plantées en plein air, pas trop espacées et les interstices remplis de mousse. On avait soin de les maintenir dans un état humide en les arrosant tous les soirs avec de l'eau de pluie provenant d'une citerne. — Elles ont toutes prospéré. — Suit le nom de ces plantes et leur état de végétation le 8 mai le matin :

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.	R

Phanérogames du Faulhorn, plantés en mars en pleine terre.

NOMS DES PLANTES.	ÉTAT DE VÉGÉTATION LE 8 MAI 18(
Arabis alpina, L.	Prospère; a parfaitement fleuri et est en semei
Arenaria biflora, L.	Prospère; en fleurs depuis quelques jours.
Achillea attrata, L.	Prospère; fleurit maintenant.
Anthoxantum odoratum, L.	Prospère.
Draba aizoides, L.	Prospère; a parfaitement fleuri et est en semei
Pedicularis versicolor, Wahl.	Prospère; c'est la plante qui a fleuri la premiè
Poligonum viviparum, L.	Prospère; a parfaitement fleuri.
Ranunculus alpestris, L.	Prospère; a parfaitement fleuri.
Saxifraga aizoon, L.	Prospère.
Saxifraga aizoides, L.	Prospère; fleurit maintenant.
Saxifraga bryoides, L.	Prospère; a défleuri.
Saxifraga muscoides, L.	Prospère; fleurit depuis quelques jours.
Saxifraga oppositifolia, L.	Prospère; a fleuri de bonne heure; défleurie.
Silena acaulis, L.	Prospère; défleurie.
Veronica saxatilis, Jacq.	Prospère.

Plantes Phanérogames du cône terminal de la montagne du Faulhorn

Ranunculaceæ.

Ranunculus montanus, *Willd.*
R. glacialis, *L.*
R. alpestris, *L.*
Aconitum Napellus, *L.*

Cruciferæ.

Arabis alpina, *L.*
A. Gerardi, *Besser.*
Cardamine alpina, *Willd.* (C. bellidifolia, *Gaud.*)
Draba fladnizensis, *Wulf.*
D. var. breviscapa, *Gay.*[1]
D. frigita, *Suter.*
D. aizoides, *L.*
Thlaspi rotundifolium, *Gaud.* (Iberis lia, *L.*)
Capsella Bursa pastoris, *DC.*
Lepidiun alpinum, *L.*

[1] Caules 1-3 flori, aphylli, fructiferi vix longi rum, pedicellis ipso caule longioribus. De cæteri D. fladnizensi genuina Spitzbergiana congruit ad s tala desiderantur. Siliculæ elliptico-oblongæ, obt rimæ, stigmate punctiformi apiculatæ. *Gay* in lit

DA. [1] Je dois à l'obligeance de **M. Charles Martins** cette liste de Phanérogames qui croissent et prosperent au c du Faulhorn, à une altitude de 2600m à 2670m. Cette altitude est le commencement de la *région des glaces*, rég bryon glaciaire peut se former et se développer, et où les neiges sont persistantes temporairement. L'ami **Charl** a fait au Faulhorn divers séjours. Cette liste comprend 140 Phanérogames qui croissent sur les pentes du cône ter le glacier jusqu'au point culminant, entre 2600 à 2670m alt. Les plantes des terrains environnants n'y sont pas Cette grande richesse de plantes sur une surface de terrain si restreinte n'étonnera pas les glacialistes qui ont visi en hiver. Les neiges qui tombent sur le sol, à mesure des chutes, sont balayées, enlevées par le vent. Le terr couvert toute l'année et la végétation se développe dès le printemps. — De certaines plantes qui ont besoin d'u verture de neige se trouvent dans ces circonstances a de certains emplacements et augmentent la collection.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.	ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative		

Suite des Phanérogames.

Violariæ.

Viola calcarata, *L.*

Cistineæ.

Helianthemum alpestre, Dun. (H. ælandicum β hirtum, *Koch*, Synops.)

Caryophylleæ.

Silene inflata, *Sm.*
S. acaulis, *L.*
Mœhringia polygonoides, *Mert.* et *Koch.*
Alsine verna, *Bartl.* Arenaria, *L.*
Spergula saginoides, *L.*
Arenaria biflora, *L.*
A. ciliata, *L.*
Stellaria media, *Sm.* (Alsine media, *L.* Larbrea media, *Godr.*)
S. cerastoides, *L.*
Cerastium arvense, *L.*
C. latifolium, *L.*
Cherleria sedoides, *L.*

Papillonaceæ.

Trifolium pratense, *L.*
T. badium, *L.*
T. cæspitosum, *Reyn.*
Astragalus alpinus, *L.* (Phaca astragalina, *DC.*)
Oxytropis lapponica. *Gay.* In *Flora*, oder *Botanische Zeitung*, 1827, t. I^er^, p. 30. (Phaca lapponica, *Wahl.*)
O. campestris, *DC.*
Hedysarum obscurum, *L.*

Rosaceæ.

Geum reptans, *L.*
G. montanum, *L.*
Sibbaldia procumbens, *L.*
Potentilla glacialis, *Hall*, fil. (P. frigida, *Koch.*)
P. minima, *Hall.*, fil.
P. Salisburgensis, *Hænke. Koch*, Synops. (P. sabauda, *DC.* Fl. Fr. P. aurea, *Seringe* in *DC. Prodr.* non *Linn.*)
P. grandiflora, *L.*
P. aurea, *L.* (P. Halleri, *Ser.* in *DC.* Prodr.
Alchemilla vulgaris, *L.*
A. Alpina, *L.*
A. pentaphylla, *L.*
A. fissa, *Schumm.*

Onagrariæ.

Epilobium alpinum, *L.*

Crassulaceæ.

Sedum repens, *Schl.*
S. atratum, L.

Saxifrageæ.

Saxifraga stellaris, *L.*
S. aizoides, *L.*
S. bryoides, *L.*
S. muscoides, *Wulf.*
S. planifolia, *Lap.*
S. aizoon, *Jacq.*
S. oppositifolia, *L.*
S. androsacea, *L.*
S. Seguieri, *Spr.*

Umbelliferæ.

Gaya simplex, *Gaud.*
Ligusticum Mutellina, *Cr.*
Carum Carvi, *L.*

Rubiaceæ.

Galium helveticum, *Weig.*
G. sylvestre, β alpestre *Koch*, Synops. (G. alpestre, *Gaud.*)

Dipsaceæ.

Scabiosa lucida, *Vill.*

Compositæ.

Tussilago alpina, *L.*
Erigeron uniflorus, *L.*
E. alpinus, *L.*
Aster alpinus, *L.*
Arnica scorpioides, L. (Aronicum scorpioides, *DC.*)
Artemisia spicata, *L.*
Chrysanthemum Leucanthemum, *L.*
Pyrethrum alpinum, *Willd.*
Achillea atrata, *L.*
Omalotheca supina β subacaulis, *DC.* Prodr. (Gnaphallium pusillum, *Hænke*, et *Gaud.*, Flor. helv.)

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.	TEMPÉRATURES.

Suite des Phanérogames.

Cirsium spinosissimum, *Scop.*
Leontodon pyrenaicus, *Gouan.*
L. aureus, *L.* (Crepis aurea, *Cass.*)
L. hispidus, *L.*
Taraxacum Dens leonis, *Desf.*

Campanulaceæ.

Campanula linifolia, *Lam.* (C. pusilla, *Hænke.*)
C. Scheuchzeri. (*Vill. Koch,* Synops.)
Phyteuma hemisphæricum, *L.*

Primulaceæ.

Primula farinosa, *L.*
Androsace helvetica, *Gaud.*
A. alpina, *Gaud.*
A. pennina, *Gaud.*
A. obtusifolia, *All.*
A. Chamæjasme, *Willd.*
Soldanella alpina, *L.*

Gentianeæ.

Gentiana acaulis, *L.*
G. bavarica, *L.*
G. verna, *L.*
G. campestris, *L.*
G. nivalis, *L.*
G. glacialis, *Abr. Thom.*

Borragineæ.

Myosotis sylvatica β alpestris, *Koch* (Myosotis alpestris, *Schm.*)

Scrophulariaceæ.

Linaria alpina, *DC.*
Veronica aphylla, L.
V. saxatilis, *Jacq.*
V. bellidioides, *L.*
V. alpina, *L.*
V. serpyllifolia, *L.*
(Monstrum corolla flavescente profunde quadripartita sepalis breviore, capsula incolumi.)
Bartsia alpina, *L.*
Euphrasia minima, *Jacq.*
Pedicularis versicolor, *Wahl.*
P. verticillata, *L.*

Labiatæ.

Thymus Serpyllum, *L.*

Plantagineæ.

Plantago montana, *Lam.*
P. alpina, *L.*

Chenopodeæ.

Blitum Bonus Henricus *C. A. Mey. Koch,* Synops. (Chenopodium Bonus Henricus, *L.*)

Polygoneæ.

Polygonum viviparum, *L.*
Oxyria reniformis, *Hook.*

Salicineæ.

Salix herbacea, *L.*
S. retusa, *L.*, cum var. β serpyllifolia, *L.*

Liliaceæ.

Lloydia serotina, *Salisb.* (C. Phalangium serotinum, *Lam.*, Anthericum serotinum, *L.*)

Juncæ.

Juncus Jacquini, *L.*
Luzula spadicea, *DC.*
L. spicata, *DC.*

Cyperaceæ.

Elyna subspicata, *Schrad.* (Kobresia scirpina, *Willd.*)
Carex fœtida, *All.*
C. curvula, *All.*
C. nigra, *All.*
C. sempervirens, *Vill.*

Gramineæ.

Phleum alpinum, *L.*
Sesleria cœrulea, *L.*
Agrostis rupestris, *All.*, et *Koch* Synops. (Agrostis alpina, *Gaud.* Flor helvet. non *Koch.*)
A. alpina, *Willd.*
Avena versicolor, *Vill.*
A. subspicata, *Clairv.* (Trisetum subspicatum, *Pal. Beauv.*, Aira subspicata, *L.*
Poa annua, *L.*
P. alpina, var. vivipara. P. alpina β, *L.*
P. alpina II brevifolia, *Gaud.*
P. laxa (*Hænke*).
Festuca violacea, *Gaud.*
F. pumila, *Vill.*
F. Halleri, *Vill.*

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE				VENTS.	ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative		

Faune du Faulhorn et des environs.[1]

Chamois. — Ils sont peu nombreux et se tiennent dans les hauteurs à l'Est, dans les parages du Schwartz-Horn, du Garzen-Horn et du Wildgerst. Dans ces localités une montagne est désignée par *Gems-Berg* (montagne des chamois). Cette désignation indique qu'autrefois les chamois n'étaient pas rares.

Marmottes. — Sur le versant Sud il n'y a pas de marmottes. Mes guides prétendent en avoir entendu siffler sur le versant Nord. Dans tous les cas elles sont en petit nombre.

Lièvres. — Ceux qui habitent le massif du Faulhorn sont de l'espèce *variabilis*, qui changent de pelage : ils sont blancs en hiver. A juger par les traces nombreuses que nous avons trouvées sur la neige depuis Bach-Alp jusqu'à l'auberge du Faulhorn, ils doivent être nombreux. — En août, à l'Est de l'auberge, les guides ont fait lever un lièvre qui s'est caché dans un amas de pierres : ils l'ont pris vivant. Il avait alors le poil gris brun. Je l'ai transporté à Mulhouse dans une caisse ; en novembre il a commencé par blanchir peu à peu, et en janvier il était totalement blanc, à l'exception des extrémités des oreilles et de la queue, qui étaient noires. — Au mois de mars 1862, en descendant du côté Est du Faulhorn, nous avons vu courir sur la neige un lièvre variabilis blanc.

Renards. — De nombreuses traces de leur passage sur la neige que nous avons observées en montant au Faulhorn, en mars, sont une preuve qu'ils habitent ces parages et qu'ils sont nombreux.

Martres. — *Melchior Blatter*, en mars 1862, a reconnu, à peu de distance de l'auberge du Faulhorn, sur la neige des traces qu'avait laissé le passage d'une martre. Les domestiques de l'auberge ont assuré qu'en été on en voyait souvent.

Arvicola nivalis. — Espèce de campagnol qui habite les hautes régions des Alpes, a été signalé par **Hugi** et décrit par **Ch. Martins.** — Sa présence au Faulhorn n'est pas douteuse; en mars 1862, pendant notre séjour, les guides en ont pris six dans des trappes. — Au Pavillon de l'Aar ils sont en grand nombre, et en 1863, pendant notre séjour, le guide *Blatter* a pris un de ces campagnols vivant. Enfermé dans une caisse, je l'ai emporté et placé chez moi dans une cage à oiseau. — Au moment où j'écris, je le vois frais et dispos, faisant de joyeuses gambades. — Pour étudier le régime de nourriture convenable et accepté par le campagnol, j'ai mis dans la cage de l'herbe fraîche, des tranches de pommes et de pommes de terre qui lui conviennent parfaitement. Je lui ai présenté de la viande cuite, du beurre, du pain sec, du lait, du fromage : il a laissé ces substances intactes. — Les guides avaient déjà remarqué qu'à la cuisine au Pavillon de l'Aar, cette espèce de souris-rat ne touchait qu'aux pommes de terre crues, aux poires et pommes, et que jamais il n'attaquait ni viande, ni beurre, ni fromage, ni pain.

Oiseaux. — En été, par beau temps, j'ai vu voler des hirondelles au cône même du Faulhorn. Des corneilles établissent leur quartier général près de l'auberge pendant l'été et se nourrissent des débris jetés de la cuisine. — Les poules de neige (*Schneehülmer*), dont le plumage est variable (en hiver totalement blanc), habitent en grand nombre les parages du Faulhorn pendant toute l'année.

Papillons. — En été les papillons voltigent en grand nombre et passent le point culminant du Faulhorn. — Mon guide-chef *Melchior Blatter* a vu sur le glacier inférieur de l'Aar voler des papillons au milieu du mois d'octobre.

DA. [1] Cette Faune est très-incomplète; ce n'est d'ailleurs pas ma spécialité.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

DOLLFUS-AUSSET.

LOCALITÉS.		TI RA
Weissenstein *Jura.*	En montant au Weissenstein le 12 juin 1861, j'ai visité la carrière de **Baumann** dans l'intention de faire détacher une surface de roche polie et striée plus grande que celle que je possède et que j'avais rapportée il y a quelques années. Malheureusement l'emplacement était tellement encombré de matériaux et de remblais, qu'il a fallu y renoncer. — Le calcaire jurassique dans cette carrière est très-compacte; on extrait des blocs monstres. J'ai vu un bassin de fontaine d'une seule pièce de 8m,4 de longueur, 1m,35 de largeur, 0m,75 de hauteur. — un autre de 5m,70 de longueur, 2m,0 de largeur, 0m,75 de hauteur. Ces bassins se transportent par wagons de chemins de fer fort souvent à de grandes distances. Source d'eau . . . . . . Cette source se trouve à 25m alt. en aval de l'auberge du Weissenstein et sort de la roche sur une pente très-inclinée au Nord. Encaissée dans un bassin muré, des tuyaux en bois la conduisent sur une longueur de 30m au bord du chemin, où elle sort d'un tuyau en fer de 1 centimètre de diamètre. La température a été prise à sa sortie de la roche. Le lendemain la température était la même.	
Weissenstein Auberge 1288m alt.	Lever du soleil. Zénith et horizon complétement dégagé. Chaîne des Alpes, magique depuis le Mont-Blanc jusqu'aux Alpes du Tyrol. Soleure éclairée par le soleil, et au Sud à la distance de 2 kilomètres jusqu'à la base des Alpes, et de tout le bassin, une mer de nuages (brouillards compactes) d'une hauteur uniforme et horizontale de 1000m, d'où on voyait sortir le point culminant du Faulhorn et d'autres crêtes : panorama unique que la photographie seule peut reproduire. Cette mer de nuages représentait parfaitement la surface d'un glacier s'étendant des Alpes jusqu'aux environs de Soleure et ayant une pente abrupte à quelques kilomètres au Sud de cette ville.	. .
Grindelwald 1070m alt.	Dans la propriété du maître d'hôtel de l'*Aigle*, jardin au Sud en regard du glacier, terrain cultivé en pommes de terre l'année passée. Terre noire (schiste décomposé) légèrement en pente, sol couvert de 0m,10 hauteur de neige grenue (nevé). Cette neige a été enlevée facilement sur une hauteur de 0m,35; les 0m,05 du bas qui touchaient le sol étaient du nevé imbibé d'eau gelée, compacte et adhérent au sol. On l'a enlevé : 0m,05 profondeur, gelé . . . . . . 0,10 — . . . . . . 0,15 — . . . . . . 0,20 — . . . . . . 0,25 — . . . . . . 0,30 — dégelé . . . . . . 0,50 — . . . . . . 1,00 — . . . . . . 1,50 — . . . . . . 2,00 — gros matériaux	. .

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

DOLLFUS-AUSSET.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.	ÉTAT DU C
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative		
1861 Juin	12	6 s.		13°,8					NE 1	0,0 Belle jou
1861 Juin	13	6 m.								
1862 Mars	9	Midi	9°,1	7°,1			—0°,3	60	0	0,0 Soleil.

Au Grindelwald il ne reste que quelques taches de neiges partielles. A la pente terminale du gl et partout ailleurs, en enlevant la neige, on trouve du nevé imbibé d'eau gelée de quelques centim d'épaisseur, adhérent au sol. A la pente terminale du glacier, les surfaces du sol dégarnies de sont dégelées à 0m,10 ou 0m,20 de profondeur et gelées au-dessous. L'hiver 1861-1862 il est tomb ceptionnellement fort peu de neige dans cette localité, le transport du bois n'a pas pu se faire en neau, ce qui n'était pas arrivé depuis un grand nombre d'années.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.		TEMPÉRATURE
Grindelwald 1070m alt.	Même localité et même terrain à 20m de distance où la neige a disparu depuis plusieurs jours.	
	0m,03 profondeur	2
	0,10 —	
	Glacier inférieur du Grindelwald.	
Grindelwald glacier inférieur 1000m alt.	Le glacier, dans sa partie inférieure, est généralement couvert d'une couche de neige grenue (nevé) de quelques décimètres d'épaisseur, dont une partie se fond dans la journée et dont l'eau coule à la surface de la pente. En parcourant le glacier, on voit des parties de ce nevé imbibé d'eau gelée et adhérentes à la surface; on voit aussi des taches de glace d'eau gelée et adhérentes au glacier. Le glacier n'absorbe pas	
Grindelwald glacier supérieur 1280m alt.	Nous prenons gîte au *Chalet Bohren*, à une distance très-rapprochée de la pente terminale du glacier et nous nous installons dans une chambre au premier étage munie d'un poêle que nous chauffons. Le fils *Bohren*, qui habite le chalet pendant l'été et qui souvent en hiver se rend au glacier, nous dit qu'en automne (fin octobre) le volume d'eau qui sort du glacier diminue sensiblement; que, par suite des froids et chutes de neiges en novembre, il ne sort plus qu'un petit ruisseau qui va en diminuant et finit par tarir complétement en décembre. Cette absence d'eau d'écoulement a lieu toutes les années, à des époques variantes, suivant les circonstances atmosphériques. Pendant l'hiver (décembre, janvier, février), il ne sort pas une goutte d'eau du glacier proprement dit, et c'est ordinairement au mois d'avril que l'eau sort du glacier en faible quantité, dont le volume augmente peu à peu, et il ajoute : Par suite d'un vent chaud (le *Fœhn*, SE) ou de pluie, la neige se fond partiellement, même en hiver, et alors il y a écoulement d'eau; mais elle ne sort pas par la voûte du glacier; elle coule sur le glacier et sur la pente terminale, mais dès que le froid se fait sentir tout écoulement cesse. Cette observation de *Bohren* est aujourd'hui (en mars, qui est encore l'hiver pour cette localité), parfaitement confirmée. Le glacier est encore couvert de neige changée en assez gros grains (nevé) généralement de 0m,40 à 0m,50 de hauteur. Sur la pente terminale, nous voyons couler des filets d'eau de fontes dans la journée. Le lendemain matin le sol était à sec partout, par suite du froid, et surtout par rayonnement nocturne, calme plat et zénith d'une grande clarté. L'eau de fusion de la neige n'est pas absorbée par les fissures capillaires du glacier, qui sont fermées par le froid : elle coule à la surface.	. . .

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Bellevue-Aussat.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMETRIE.				VENTS.	ETAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative.		
d'eau de surface, ses fissures capillaires ne sont pas ouvertes, et du liquide colore verse dans un trou de sonde conserve son niveau et ne s'infiltre pas.										
Un faible filet d'eau provenant de la fonte de la surface coule en aval du glacier. — La voûte du glacier est complétement fermée par de la glace d'eau. — En aval du glacier nous voyons sur le sol de la glace d'eau et du nevé imbibé gelé, et sous ces couvertures le sol est gelé. Les gens qui habitent les chalets à très-peu de distance du glacier disent que pendant l'hiver il ne sortait pas d'eau du glacier.										
1862 Mars	9	3 s.	10°,5	7°,8	3°,6	3,72	—2°,8	47	0	0,0 Soleil.
1862 Mars	9	6 s.		4,0	1,2	3,60	—3,2	59	0	0,0 Soleil.
1862 Mars	9	8 s.		1,0	1,0	3,24	—4,5	53	0	0,0 Découvert.
		Toute la journée calme, découvert, soleil.								
1862 Mars	10	Nevé sur une planche plein air, température : 6 h. matin .								—0,5 Gelé.
1862 Mars	10	Nevé sous un hangar . . . . . -- .								0,0 Dégelé.

Il était important de vérifier ce fait. — Le 10 au matin, avant le lever du soleil, j'ai fait enlever le nevé qui couvre le glacier à un emplacement où il n'avait que 0m,10 d'épaisseur. La veille ce nevé était mouillé; ce matin, par suite du froid et du rayonnement nocturne, il était compacte, agglomére, gelé. On a détaché de la surface du glacier un bloc de glace qu'on a transporté au chalet. Dans un grand baquet en bois rempli d'eau que l'on a refroidie à zéro, on a ajouté du carmin d'indigo en pâte. Dans cette eau bleue on a immersé le bloc de glace que l'on a retiré au bout de dix minutes. Avec de l'eau claire et limpide on a lavé ce bloc et il avait alors la même apparence comme avant l'immersion; il a été placé à l'ombre sous un hangar, et au bout de quelques heures il était complétement dégelé et humide, mouillé aux parois. — On l'a immersé de nouveau dans le baquet d'eau bleue, en le tournant dans tous les sens, retiré un quart d'heure plus tard et lavé à l'eau claire. — Il était comme marbré dans l'intérieur; l'eau bleue avait pénétré dans les fissures capillaires ouvertes. Ce bloc a alors été placé sur une planchette en bois en plein air au soleil. Peu à peu il s'est désagrégé, disloqué et séparé en une multitude de fragments polyèdres, tel que fait toujours la glace de glaciers à l'air chaud exposée aux rayons solaires.

Une autre preuve que les pores et fissures du glacier étaient fermées à une assez grande épaisseur depuis la surface, est l'expérience suivante : On a foré avec le perçoir à glace un trou de 0m,50 de profondeur et 0m,10 de diamètre dans la glace du glacier au-dessus de la galerie ouverte que *Bohren* avait faite l'été passé. Ce trou a été rempli d'eau colorée par une décoction de bois de campèche à laquelle on a ajouté du chromate de potasse. Cette liqueur noire ne s'est nullement infiltrée dans le glacier, son niveau est resté fixe et le lendemain matin une pellicule de glace la couvrait. — Ces deux observations citées sont une preuve non douteuse qu'en mars le glacier, dans la partie supérieure, n'absorbait pas d'eau et que l'eau de fusion coulait sur la surface et ne s'infiltrait pas dans le glacier.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.		TEMPÉRATURES.
Grindelwald Glacier supérieur Chalet.	A l'Est du chalet, trou dans un terrain non gazonné cultivé en pommes de terre l'année passée, dégarni de neiges depuis plusieurs jours.	. . . . .
	0m,03 profondeur	Sol gelé
	0.10 —	» gelé
	0,20 — Ce terrain est une moraine. Sable fin, galets,	» gelé
	0,30 — parcelles de roches	» gelé
	1,00 —	» 2°,25
	1,50 — Gros matériaux	» 2,00
	A 6 heures matin j'ai placé sur une table en plein air, au Sud du chalet, dans un verger, du sable de schiste noir et un verre à boire ordinaire rempli d'eau.	. . . . .
	A 1 s. Sable sur table	Sable 31°,5
	— Eau dans verre	Eau 19.5
	A 3 s. Sable sur table	Sable 21,0
	— Eau dans verre	Eau 15,8
	Depuis le matin, temps magnifique, soleil splendide, aucun nuage, zénith outremer, calme plat. De midi à 3 heures on voyait à l'œil nu, mais surtout avec la lunette acromatique, des parois de roches mouillées à une très-grande hauteur, jusqu'à 2600m et plus. Cette eau provenait de fontes de matières gelées des parties supérieures, mais ne formait pas de filets d'eau assez développés pour atteindre les basses altitudes. Le lendemain matin ces parois mouillées étaient gelées (de la glace d'eau). Les guides, et surtout les chasseurs de chamois appellent ces surfaces gelées *Eis-Schilder* (parois gelées). Lorsqu'il tombe de la neige fraîche sur ces surfaces gelées, elle quitte en y posant le pied et entraîne le chasseur dans les précipices. — De toutes les avalanches partielles ce sont les plus dangereuses, et en hautes régions elles peuvent se produire dans toutes les saisons.	
	Le glacier du Grindelwald supérieur était encore couvert de quelques décimètres de neige (soit nevé), et toutes les observations faites et citées du glacier inférieur sont pleinement confirmées dans celui-ci.	
	A la pente terminale, à une certaine distance du glacier, surgit au haut de la moraine une source, un faible filet d'eau dont la température est à 4°,2. — Son parcours est garni d'algues et de mousse et ses eaux se rendent dans un petit lac qui est lui-même encaissé dans la moraine. Cette source, au dire de *Bohren*, propriétaire du chalet et qui se rend au glacier fort souvent en hiver, cette source ne tarit jamais, même par les plus grands froids, et il affirme positivement que pendant l'hiver il ne sort pas un atôme d'eau du glacier (entre le sol et le glacier).	
	Dans l'après-midi nous avons vu plusieurs avalanches partielles tomber des hauteurs; elles étaient généralement faibles.	

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

DOLLFUS-AUSSET.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.	ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative		
1862 Mars	10	6 m.		−1°,0	−3°,0	2°,76	−6°,5	65	0	0,0 Clair.
		Minima de nuit abrité.								−2°,1
		Nevé sur planchette plein air								−4,1 } températures.
		Nevé sous le hangar (abrité du rayonnement)								−2,1
		Nevé qui couvre le sol gelé.								
1862 Mars	10	Midi.	7°,2	6°,0	2°,0	3°,21	−4°,7	46	0	0,0 Soleil.
1862 Mars	10	1 s.	10,5	9,0	3,1	2,66	−6,0	31	0	0.0 Soleil.
1862 Mars	10	3 s.	9.5	7,0	2.8	3.37	−4,0	45	0	0,0 Soleil.

Dans les hauteurs, à l'Est du glacier, une grande partie du sol est dégarnie de neige (ce sont des localités où elle est enlevée par le vent); un des guides, en dirigeant la lunette acromatique sur cet emplacement, a reconnu plusieurs chamois en pâturage, que chacun a pu contempler à tour de rôle. *Peter Bohren*, l'intrépide chasseur, dit : « Si je n'avais pas promis et juré à ma femme que je renonçais décidément à la chasse, certes, demain je leur aurais fait une visite; » et il ajouta : « Le métier de guide d'ascension a ses dangers, sans aucun doute; mais il a tellement d'attraits pour moi que je veux continuer jusqu'à extinction de forces et ne pas risquer la vie pour la peau d'un chamois. »

La voûte du glacier est, comme celle du glacier inférieur, fermée par de la glace d'eau qui, s'écoulant dans la partie supérieure par suite de la fonte de la neige, se gèle et ferme l'ouverture. — Sur le glacier même il y avait dans de certains emplacements de la neige imbibée d'eau gelée en conglomérat, et même de la glace d'eau : les deux adhérentes à la surface. Mais cet ajoutage de matières gelées est partiel seulement, par taches de peu d'étendue et d'une faible épaisseur. — En visitant soigneusement la pente terminale, nous n'avons reconnu que de simples filets d'eau qui coulaient sur les parois de la pente par suite de la fonte de la neige qui couvre le glacier, et qui, réunis plus loin, formaient un ruisseau extrêmement faible pendant la journée. Le matin, tout était à sec. — La galerie que *Bohren* avait faite pendant l'été dans la pente terminale, comme curiosité pour les touristes, avait une faible longueur, et au milieu le jour y pénétrait par suite d'ablation de la surface du glacier en arrière-saison. Aux parois et sur le plancher, de la glace d'eau gelée de peu d'épaisseur. Les parois étaient humides, mais l'eau n'en découlait pas.

Comme il ne s'écoulait pas d'eau du glacier, nous pouvions pénétrer facilement sous le glacier, même à plusieurs emplacements. — Nous sommes entrés dans une de ces grottes que nous avons examinée fort à notre aise. Des parois de glace il ne tombait pas d'eau, pas une seule goutte, et le sol était à sec. Cette excavation entre le glacier et le sol avait 20^{m} de longueur, 10^{m} de largeur et 2^{m} de hauteur au maximum, d'une forme irrégulière. — Dans cette grotte, un emplacement où le glacier était appuyé reposait sur une roche en place; nous avons fait hier soir (9 mars) une entaille avec la hache et reconnu une couche de 2 centimètres d'épaisseur de sable fin et de boue de glacier qui se trouvait entre la glace et la roche. Ce sable était humide et nullement adhérent ni au glacier, ni à la roche; ces ma-

Températures du sol — **Eaux** — **Neiges** — **Glaces.**

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.		TEMPÉRATURES.
Grindelwald Glacier supérieur 1232^{m} alt.	tières enlevées, nous avons vu la roche calcaire en contact fraîchement polie et striée : c'était surprendre l'auteur du polissage sur le fait. Profitant des circonstances locales favorables, j'ai fait faire une entaille dans la glace; nous y avons placé un bois horizontalement fixé dans la glace, à 0^{m},20 au-dessus de la surface polie, qui était dégagée sur une certaine longueur, et placé un fil à plomb dont la pointe correspondait verticalement à un trait gravé sur la roche. Cette disposition devait nous servir pour observer la marche (progression) du glacier à sa base. — C'était le 9 mars, 5 heures du soir, que cette organisation a été faite. Température dans la voûte	1°,8
	Air libre, ombre.	5.2
	Ci-bas le tableau des observations :	

Progression du glacier supérieur du Grindelwald.

DATES.	Jours.	Heures.	Millimètres.	Par heure.	Diurne.
				mm	mm
1862 Mars	9	5 s.			
1862 Mars	10	6 m.	3,5	0,269	6.46
1862 Mars	10	5 s.	3,0	0.272	6,52
1862 Mars	15	5 s.	32,5	0,271	6,50

Grindelwald [1] Glacier supérieur Chalet 1232^{m} alt.	Terre non gazonnée, plein air, près du chalet schiste noir :	. . . . .
	0^{m},03 profondeur.	Sol 31°.5
	Ablation du glacier de 10 h. matin à 6 h. soir	55^{mm}
	Aspect général du glacier.	
	Depuis le mois de mars l'ablation du glacier à la pente terminale a été, comme au glacier inférieur, très-forte; peu de matériaux éparpillés se trouvent sur sa surface.	
	De tous les glaciers des Alpes suisses, le glacier supérieur du Grindelwald [2] à sa pente terminale est celui qui réunit le plus de spécimens pour les études glaciaires. Son accès est des plus faciles dans toutes les saisons, et un chalet confortable se trouve à peu de distance.	

DA. [1] J'ai exploré le glacier inférieur du Grindelwald le 11 août 1862. — Depuis le mois de mars l'ablation du glacier a été très-forte et le glacier est de plusieurs mètres en arrière. Sur son dos il porte très-peu de matériaux; la surface découverte est exposée aux rayons solaires. — Le torrent sort près de rive gauche et le volume d'eau est considérable. — En aval de la pente terminale, à peu près au milieu des deux rives d'encaissement, on voit de la moraine déposée et restée en place qui est formée de roches calcaires noires et de gneiss; dans beaucoup de ces roches, d'un assez fort volume, ces deux espèces de roches sont en contact intime : ce sont de beaux spécimens de contact de gneiss et de calcaire qui se trouvent en place dans les hauteurs, au milieu de deux affluents du glacier (*Abschwung*).

DA. [2] Dans ce volume : *Glaciers en activité*, voyez le paragraphe spécial : *Glacier supérieur du Grindelwald*. — Dans l'Atlas : *Carte topographique de la pente terminale*, à l'échelle de 5 : 2500, par M. l'ingénieur **Jeckyll**. — *Vue du glacier*, par **M. Sommer** de Thun.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie. — Vents et État du ciel.

Double-Auget.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.	ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative		
1862 Août	12	9 m.	13°,0	12°,2	9°,1	6°,92	5°,8	65	0	0,0 Soleil.
1862 Août	12	Midi	18,2	17,1	11,2	6,86	5,7	47	0	0,0 Soleil.
1862 Août	12	3 s.	18,3	16,8	12,3	8,32	8,6	58	0	0,0 Soleil.
Toute la journée calme plat, totalement découvert; soleil splendide.										
1862 Août	12	6 s.			14°,1	11°,1	8°,30	8°,5	69	0	0,0

A 6 h. soir, à l'horizon des nuages et brouillard sur les deux rives du glacier supérieur du Grindelwald, brouillard intense sur roche; le temps est calme, mais tout le glacier, depuis la base jusqu'au haut, complétement dégarni de brouillard, ainsi que le Schreckhorn, qui est couvert de glaciers et de neré. Tout ce qui est glacier est complétement découvert, et tout ce qui est roche est couvert de brouillard qui reste fixe et n'envahit aucune partie des glaciers. A soleil couchant et plus tard le même phénomène se maintient et produit un effet d'éclairage splendide, qui contraste avec le zénith bleu noir au-dessus du Schreckhorn. — J'ai souvent observé que le soir, au glacier inférieur de l'Aar, le brouillard se fixe et reste immobile sur les roches découvertes; il laisse à découvert les petits glaciers sans les envahir. Souvent aussi on voit, depuis le Pavillon de l'Aar, le brouillard monter sur la moraine médiane du glacier jusqu'à l'Abschwung sans couvrir la surface du glacier découvert.

L'observation du 15 a été faite à notre retour du Faulhorn par mon guide-chef *Blatter*. Je lui avais remis un compas et une mesure marquée distinctement par millimètre avec l'instruction de mesurer avec le compas la distance totale depuis la marque sur la roche (marque qui avait été faite le 9 mars, 5 h. soir) jusqu'à la verticale du fil à plomb, et de marquer cette ouverture du compas sur la mesure millimétrique. — Cette distance était de 39 millimètres juste. — L'organisation primitive était intacte; pas d'eau dans la caverne souterraine et on pouvait observer fort à l'aise.

La marche totale depuis le 9 mars, 5 h. soir, jusqu'au 15, 5 h. soir, a été de 39 millimètres; dans l'espace de six fois 24 heures, un total de 39^{mm} — $6^{mm},5$ diurne, qui correspondent aux observations précédentes. Si ce mouvement était uniforme toute l'année, le glacier n'avancerait que $2^{m},372$ dans cet emplacement, qui est rapproché de la rive gauche. — Si l'observation eut été faite au milieu des deux rives où le mouvement est le plus accéléré, l'avancement eut été beaucoup plus grand.

Cette observation locale, je la cite comme renseignement. Les chiffres sont exacts : la marche a été régulière à la base en contact avec le sol, de jour, de nuit et pendant les six jours d'observations.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.		TE RA
Grindelwald Glacier supérieur Chalet 1342m alt.	Moraines frontales avec blocs monstres formant cintre. — Moraines latérales restées en place. — Roches calcaires en place, anciennement et nouvellement polies et striées. — Galets polis et rayés nombreux. — Excavations nombreuses entre glaciers et sols que l'on peut explorer, surtout en hiver. — Collection variée de roches transportées par le glacier. — Boue glaciaire granitique, gneissique et calcaire. — Étude de crevasses dans la hauteur du glacier. — Ce qui n'est pas le moins instructif, c'est une *galerie* pratiquée dans le glacier par *Bohren* qui habite le chalet. Cette galerie, parfaitement entretenue, a une grande longueur. **Galerie dans le glacier supérieur du Grindelwald.** *Bohren*, propriétaire du chalet à proximité du glacier, a ouvert l'année passée une galerie taillée dans le glacier, à la pente terminale. — Cette galerie a 2m de hauteur, 1m,50 de largeur et une longueur totale de 22m. — Pour produire plus d'effet aux yeux des touristes visiteurs (qui paient 50 c. d'entrée par personne), la galerie ne se prolonge pas sur une ligne droite, elle est coudée; après un parcours de 10m elle change de direction. — Dans tout son parcours, par un temps serein, la glace est d'un bleu superbe. Les parois sont mouillées par l'eau d'infiltration qui s'écoule au jour dans une rigole. — La glace est très-compacte; cependant on voit des bulles d'air isolées et souvent en groupes qui font le même effet, pour la couleur et la forme, comme du plomb fondu. — On voit des grains de sable, des parcelles de roches, et même des fragments d'une dimension de plusieurs centimètres cubes qui se trouvent isolément solidement fixés dans cette glace. — On voit l'eau d'infiltration circuler à travers de certaines bulles d'air qui se remplissent et se vident alternativement. Ce sont celles qui communiquent entre elles; d'autres restent vides et renferment de l'air, d'autres sont plus ou moins remplies d'eau qui paraît rester stationnaire.	
Grindelwald Glacier supérieur Chalet 1232m alt.	Terrain à l'Est du chalet, trou en terre, même emplacement que le 10 mars : 0m,10 profondeur. . . . . . 0,20 — . . . . . . 0,30 — . . . . . . 0,40 — . . . . . . 0,50 — . . . . . . 0,60 — . . . . . . 0,70 — . . . . . . 0,80 — . . . . . . 0,90 — . . . . . . 1,00 — . . . . . . 1,50 — . . . . . . 2,00 — gros matériaux. . . . . . Terre non gazonnée, schiste noir, 0m,03 profondeur.	. .

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.	ÉTAT DU CIEL.
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative		

Grand fut mon étonnement de voir une très-grande quantité de puces de glacier (*Desoria saltens*) dans l'intérieur de la glace, dans tout le parcours de la galerie. — Les guides ont été surpris de la présence de ces insectes, et l'un d'eux a dit : « Ils se sont introduits dans la galerie par l'ouverture au jour. » — *Bohren* a répondu : « Ils passent à travers la glace depuis la surface. » — Le guide a objecté que de la surface à la galerie il y a une épaisseur de 20^{m} de glace et plus. — Pour prouver que c'est bien de la surface que les *Desoria saltens* pénètrent dans le glacier à une grande profondeur, *Bohren*, muni de pioches et de haches, nous a conduit au bout de la galerie, et aidé des guides, il a détaché de la glace pour alonger la galerie par une tranchée moins large d'un mètre d'avancement, et les morceaux de glace détachée fort souvent renfermaient des *Desoria saltens*. Cette preuve incontestable donnée, le propriétaire du chalet a ajouté : « Pendant l'été, par suite d'ablation, j'alonge la galerie de plusieurs mètres, et à mesure d'avancement, je trouve ces insectes. »

Température dans la galerie.

Le 12, à 6 h. soir, nous avons placé un pieu verticalement (entouré de pierres à sa base) au fond de la galerie, à 0^{m},50 de la paroi terminale en regard. On a fixé à ce pieu horizontalement un minima à curseur, un thermomètre isolé ordinaire, et suspendu une bouteille remplie d'eau. — Personne après nous n'est entré dans la galerie. Le 13, avant l'invasion des touristes, dès qu'il fit jour, je me suis rendu seul dans la galerie.

Le minima était à + 0°,3. L'eau de la bouteille à + 1°,6; le thermomètre ordinaire + 1°,6. J'ai entouré la boule du thermomètre de papier non collé mouillé, et 10 minutes plus tard on lisait + 1°,3; point de rosée + 0,9; humidité relative 94. — A 11 h. matin, l'eau de la bouteille à + 1°,0; thermomètre sec + 1,0; boule mouillée + 0,8; point de rosée + 0,4; humidité relative 95.

Le 12 j'ai fait forer dans la paroi terminale de la galerie un trou de 0^{m},10 diamètre et 1^{m} de profondeur horizontalement. J'ai placé dans ce trou le minima à index qui avait été mis dans une boîte en bois, et l'ouverture a été bouchée avec de la neige. Le lendemain le minima était mathématiquement à zéro. — La vérification du zéro, avant et après l'observation, se faisait facilement : les réfrigérants ne manquaient pas.

A l'entrée de la galerie les parois de glace exposées au soleil étaient disloquées à une profondeur de 0^{m},10 à 0^{m},15. Ces esquilles se détachaient facilement; au-dessous la glace était unie et compacte, mais au bout de peu de temps les rayons solaires la désagrégeaient de nouveau : c'est toujours ainsi que les choses se passent à la surface de tous les glaciers découverts qui sont alors sous l'influence des rayons solaires. Sous le nevé ou sous les matériaux qui protégent, la surface est de glace compacte et unie.

1862 Août	13	6 m.		7°,2			5°,1[1]	86	0		0,0 Clair. Rosée abondante sur gazon.
1862 Août	13	Midi	20°,0	18,0			4,2	40	SO	1	0,0 Soleil.

[1] Point de rosée observé sur surface métallique refroidie.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.	
Grindelwald en amont Est du glacier supérieur du Grindelwald. 1400m alt.	Localité à 30 minutes de marche à l'Est du glacier supérieur du Grindelwald, base du Wetterhorn. Dans un couloir un amas de neiges et de glaces qui tombent des hauteurs et qui persistent à peu près toute l'année. Déblayé le nevé à 2m d'avancement, et alors 2m de hauteur de nevé couvraient le sol. — Le sol dessous n'est nullement gelé et très-humide et est juste à 0°,0. 0m,10 profondeur . . . . . . 0,20 — . . . . . . 0,50 — gros matériaux. . . . . . A 10m en aval, où le nevé a disparu depuis longtemps, on voit des anémones en fleurs et une végétation superbe. A quelques décimètres du nevé, la végétation se développe rapidement. A 10m en aval du nevé : 0m,25 profondeur . . . . . . 0,50 — gros matériaux. . . . . .

Du Faulhorn à Grindelwald.

15 Mars 1862. — A 9 h. m. nous quittons le Faulhorn par un temps magnifique. mettent leurs guêtres, fixent le voile vert au chapeau et arment les yeux de lunettes ver cendons par le côté Est. La surface de la neige est légèrement gelée, mais ne supporte corps : on enfonce généralement jusqu'au mollet. Tout est blanc. La locomotion se fai par moments la pente est assez raide pour faire une glissade (*Rutsch*). Arrivés aux pr qui sont fortement enneigées, un des guides sort de l'intérieur de ces abris une auge e verture est placée dans l'auge qui a assez de profondeur, et je me place sur la couve barcation est une espèce de traîneau-bateau. Un des guides se place sur le devant, u et nous voilà partis glissant sur la pente abrupte avec une grande vitesse. Les autre appuyés sur leur *Alpenstock*, et poussent des exclamations de joie : *Eisenbahn! Eise* chemin de fer). En cinq minutes nous avons fait un trajet de plusieurs kilomètres. – verture de neige a diminué, et à 6 kilomètres du village de Grindelwald le sol était n'avons mis que 3 heures et demie pour descendre et sommes arrivés sains et saufs

ASCENSIONS PAR DES GUIDES DE L'OBERLAND BERNOIS.

Températures Sols — Eaux — Neiges — Glaces.

Air ambiant — Hygrométrie — Vents et État du ciel.

Dollfus-Ausset.

DATES.	Jours.	Heures.	AIR		HYGROMÉTRIE.				VENTS.	ÉTAT DU
			Soleil.	Ombre.	Boule mouill.	Tension.	Point de rosée	Humid. relative		

Ascensions par des guides de l'Oberland Bernois.

Ulrich Lauener, de Lauterbrunnen.
Christian Almer, de Grindelwald.
Melchior Andreck, de Thun.
Peter Michel, *Christian Michel*, de Grindelwald.
Melchior Blatter, *Kaspar Blatter*, de Meyringen.
Peter Bohren, de Grindelwald.

Cette liste de guides de hautes régions est certes très-incomplète; je ne cite que les individ ii vus à l'œuvre.

Peter Bohren est celui qui a fait le plus d'ascensions.
Ci-bas la liste des ascensions telles qu'il me les a indiquées :

Jungfrau	5	ascensions.
Wetterhorn	6	—
Mittelhorn	2	—
Rosenhorn	2	—
Mont-Blanc	7	—
Monte-Rosa	6	—
Aiguilles-Vertes	1	—
Aiguilles-du-Midi	1	—
Eiger	1	—

De Grindelwald à Ægishorn, par l'Eiger-Sattel.
Passé la Strahleck 63 fois.

Peter Bohren est un intrépide chasseur de chamois. — De 1812 à 1861 il a tué :

63 Chamois.
316 Lièvres.
15 Renards.

Observations météorologiques à Berne et à Grindelwald.[1]

A *Berne à l'Observatoire.*

DATES.			BERNE.		GRINDELWALD.		GRINDELWALD.	DIFFÉRENCE de Grindelwald avec Berne.	
MOIS.		JOURS.	8 matin.	2 soir.	8 matin.	2 soir.	ÉTAT DU CIEL.	8 matin.	2 soir.
1861	Décembre.	5	−1°,2		−6°,6		0,0 Serein.	−5°,4	−5°,4
—	—	6	2,4	3°,0	−1,2	0°,6	1,0 Forte chute de neige	−3,6	−2,4
—	—	7	0,0	3,6	−2,4	2,4	1,0 Neige et pluie.	−2,4	−1,2
—	—	8	7,2	12,0	3,0	?	0,0 Serein.	−4,2	?
—	—	9	1,2	6,6	2,4	6,0	0,0 Serein.	+1,2	−0,6
—	—	10	1,2	6,0	3,6	4,8	0,0 Serein.	+2,4	−1,2
—	—	11	−1,2	7,2	1,2	3,6	0,0 Serein.	+2,4	−3,6
—	—	12	−2,4	3,6	0,0	2,4	0,0 Serein.	+2,4	−1,2
—	—	13	−3,6	1,2	0,6	4,8	0,0 Serein.	+4,2	+3,6
—	—	14	−0,6	4,8	1,2	4,8	0,0 Serein.	+1,8	0,0
—	—	15	0,0	6,0	0,6	7,2	0,0 Serein.	+0,6	+1,2
—	—	16	3,6	7,2	3,0	?	1,0 Couvert.	−0,6	?
—	—	17	−2,4	6,0	−2,4	2,4	0,0 Serein.	0,0	−3,6
—	—	18	−2,4	6,0	2,4	2,4	1,0 Couvert.	+4,8	−3,6
—	—	19	−2,4	3,0	−1,2	2,4	0,5 Demi-couvert.	−3,6	−0,6
—	—	20	0,0	0,5	−6,0	−4,2	0,0 Serein.	−6,0	−4,7
—	—	21	−3,0	−1,2	−9,0	−6,6	0,0 Serein.	−6,0	−5,4
—	—	22	−4,2	−3,6	−4,2	−2,4	0,0 Serein.	0,0	+1,2
—	—	23	−4,8	−3,0	−6,6	−4,8	0,0 Serein.	−1,8	−1,8
—	—	24	−7,2	−1,2	−7,2	−4,8	0,0 Serein.	0,0	−3,6
—	—	25	−7,2	−3,0	−7,8	−7,2	0,0 Serein.	−0,6	−4,2
—	—	26	−8,4	−3,6	−9,6	−8,4	0,0 Serein.	−1,2	−4,8
—	—	27	−7,2	−3,0	−10,2	−7,2	0,0 Serein.	−3,0	−4,2
—	—	28	−6,0	−3,6	−4,8	−4,8	0,0 Serein.	+1,2	0,0
—	—	29	−6,0	−4,2	−3,6	−0,6	0,0 Serein	+2,4	+3,6
—	—	30	−5,1	−4,2	−4,8	−4,8	0,0 Serein.	+0,6	−0,6
—	—	31			−6,0	−1,2	0,0 Serein.	?	?
1862	Janvier.	1	−7,2	−2,4	−4,8	?	0,0 Serein.	+2,4	?
—	—	2	−7,2	−1,2	−6,6	−3,0	0,0 Serein.	+0,6	−1,8
—	—	3	−2,4	−1,2	−9,6	−7,8	0,0 Serein.	−7,2	−6,6
—	—	4	−2,4	−1,2	−5,4	?	1,0 Forte chute de neige	−3,0	?
—	—	5	0,0	2,4	−5,4	−4,2	1,0 Chute de neige.	−5,4	−6,6
—	—	6	−1,2	2,4	−5,1	?	1,0 Tourmente de neige	−4,2	?

DA. [1] Je dois à **M. le pasteur Gerwer** à Grindelwald ce tableau météorologique. Cet intelligent observateur a fait lui-même les lectures à 8 heures du matin et à 2 heures du soir, et il a mis en regard celles faites à l'Observatoire de Berne aux mêmes heures. Par décade on a pris pour maxima diurne la lecture de 2 heures, et pour minima celle de 8 heures du matin, et par demi-somme on a établi les moyennes diurnes qui, dérivées de deux lectures, laissent beaucoup à désirer, mais sont comparatives entre les deux localités.

Observations météorologiques à Berne et à Grindelwald.

A Grindelwald, par **M. le pasteur Gerwer.**

DATES.			BERNE.		GRINDELWALD.		GRINDELWALD.	DIFFÉRENCE de Grindelwald avec Berne.	
MOIS.		JOURS.	8 matin.	2 soir.	8 matin.	2 soir.	ÉTAT DU CIEL.	8 matin.	2 soir.
1862	Janvier.	7	−9°,6	−1°,8	−9°,0	?	0,0 Serein.	+0,6	?
—	—	8	−14,4	−3,6	−9,0	−2,4	0,0 Serein.	+5,4	+1,2
—	—	9	−1,2	−4,8	−2,4	2,4	1,0 Couvert.	−1,2	+7,2
—	—	10	3,0	7,2	2,4	4,2	1,0 Pluie.	−0,6	−3,0
—	—	11	7,8	10,2	4,2	6,6	1,0 Couvert.	−3,6	−3,6
—	—	12	3,6	6,0	0,3	0,6	0,0 Serein.	−3,3	−5,4
—	—	13	−1,2	3,6	−6,6	0,0	0,0 Serein.	−5,4	−3,6
—	—	14	0,0	4,8	−4,8	?	0,0 Serein.	−4,8	?
—	—	15	−2,4	2,4	−7,2	?	0,0 Serein.	−4,8	?
—	—	16	0,0	3,0	−5,4	−3,6	0,0 Serein.	−5,4	−6,6
—	—	17	−3,0	0,0	−7,8	−7,2	0,5 Variable.	−4,8	−7,2
—	—	18	−9,6	−7,2	−10,8	−7,2	0,5 Variable.	−1,2	0,0
—	—	19	−12,0	−6,0	−14,4	−9,6	1,0 Neige faiblement.	−2,4	−3,6
—	—	20	−7,2	−3,0	−9,6	−2,4	0,0 Serein.	−2,4	+0,6
—	—	21	−3,0	3,6	−3,6	3,6	1,0 Couvert.	−0,6	0,0
—	—	22	−3,0	1,2	−4,8	4,2	1,0 Couvert.	−1,8	+3,0
—	—	23	1,8	5,4	0,0	0,6	1,0 Couvert.	−1,8	−4,8
—	—	24	3,0	7,8	2,4	7,2	1,0 Pluie.	−0,6	−0,6
—	—	25	3,0	8,4	3,6	7,2	1,0 Couvert.	+0,6	−1,2
—	—	26	3,0	8,4	1,8	2,4	1,0 Forte chute de neige	−1,2	−6,0
—	—	27	1,2	3,6	−6,0	?	0,0 Serein.	−7,2	?
—	—	28	−2,4	4,2	−2,4	4,8	0,0 Serein.	0,0	−0,6
—	—	29	2,4	7,8	1,2	4,8	0,0 Serein.	−1,2	−3,0
—	—	30	7,2	9,6	1,8	4,8	1,0 Pluie.	−5,4	−4,8
—	—	31	9,0	10,8	1,8	?	1,0 Forte pluie.	−7,2	?
—	Février.	1	8,4	10,8	4,2	6,0	1,0 Couvert.	−4,2	−4,8
—	—	2	3,6	10,8	2,4	?	0,0 Serein.	−1,2	?
—	—	3	6,0	8,4	−0,6	1,8	0,0 Serein.	−6,6	−6,6
—	—	4	1,8	8,4	−1,2	6,0	0,0 Serein.	−3,0	−2,4
—	—	5	4,2	10,2	2,4	7,2	0,5 Variable.	−1,8	−3,0
—	—	6	5,4	13,2	4,8	?	0,0 Serein.	−0,6	?
—	—	7	3,0	1,8	0,0	1,8	1,0 Neige le soir.	−3,0	0,0
—	—	8	−8,4	−4,2	−9,6	−7,8	0,2 Légèrement couvert	−1,2	−3,6
—	—	9	−12,0	−8,4	−13,2	−6,6	0,0 Serein.	−1,2	+1,8
—	—	10	−9,6	−5,4	−14,4	−6,0	0,5 Variable.	−4,8	−0,6
—	—	11	−10,8	−5,4	−13,8	?	0,0 Serein.	−3,0	?
—	—	12	−6,0	0,0	−6,0	4,8	0,5 Variable.	0,0	+4,8
—	—	13	0,0	6,0	−4,2	7,2	0,0 Serein.	−4,2	+1,2
—	—	14	0,0	3,6	−4,8	6,0	0,0 Serein.	−4,8	+2,4
—	—	15	5,4	3,6	−6,0	6,0	0,5 Variable.	−0,6	+2,4

Observations météorologiques à Berne et à Grindelwald.

A Berne à l'Observatoire.

A Grindelwald, par **M. le pasteur Gerwer.**

DATES.			BERNE.		GRINDELWALD.		GRINDELWALD.	DIFFÉRENCE de Grindelwald avec Berne.	
MOIS.		JOURS.	8 matin.	2 soir.	8 matin.	2 soir.	ÉTAT DU CIEL.	8 matin.	2 soir.
1862	Février.	16			—4,8	10,8	0,0 Serein.	?	?
—	—	17	—1,2	6,0	1,2	9,0	0.0 Serein.	+2,4	+3.0
—	—	18	2,4	9,0	2,4	11,4	0,0 Serein.	0,0	+2,4
—	—	19	1,2	9,6	3,6	?	0.0 Serein.	+2,4	?
—	—	20	3,0	9,0	2,4	12,0	0,0 Serein.	—0,6	+3.0
—	—	21	6,0	10,8	4,8	3,6	0,0 Serein.	—1,2	—7.2
—	—	22	2,4	10,8	2,4	?	0.0 Serein.	0.0	?
—	—	23	6,0	10,8	4,8	6,0	0.0 Serein.	—1,2	—4.8
—	—	24	5,2	9,6	2,4	?	0,5 Demi-couvert.	—2,8	?
—	—	25	2,4	3,6	0,6	2,4	1,0 Chute de neige.	—1,8	—1.2
—	—	26			0,6	?	0,5 Variable.	?	?
—	—	27	1,8	4,8	—2,4	?	0,0 Serein.	—4,2	?
—	—	28	1,8	8,4	0,6	?	0.0 Serein.	—1,2	?

Moyennes par décades. Berne et Grindelwald.

DATES.	BERNE.		Extrêmes.		Moy.	GRINDEL-WALD.		Extrêmes.		Moy.	GRINDELWALD ÉTAT DU CIEL	DIFFÉRENCE de Grindelwald avec Berne.		
	8 m.	2 s.	Max.	Min.	Diurne.	8 m.	2 s.	Max.	Min.	Diurne.		8 m.	2 s.	Moy.
1861. Décembre.														
5 au 10	1°,80	6°,24	12°,0	—1°,2	4°,02	-0°,20	3°,45	6°,0	—6°,6	1°,62	0.3	—2,00	—2,79	—2.39
11 au 20	—0,66	4,55	7,2	—3,6	1,94	—0,06	2,87	7,2	— 6,0	1,40	0,2	+0,60	—1,68	—0,54
21 au 31	—5,94	—3,06	—1,2	—8,4	—4,50	—6,71	—4,80	—1,2	—10,2	—5,75	0.0	—0,77	—1,74	—1,25
1862. Janvier.														
1 au 10	—4,26	—0,18	7,2	—14,4	—2,22	—5,52	—1,80	4.2	— 9.6	—3,66	0,5	—1.26	—1.62	—1.44
11 au 20	—2,40	1,38	10,2	—12.0	—0,51	—6,21	—2,85	6.6	—14,4	—4,53	0.3	—3,81	—4,23	—4.02
21 au 31	2,02	7,42	10,8	—3,0	4,72	—0,38	4,40	7,2	— 6,0	2,01	0.7	—2,40	—3,02	—2.71
Février.														
1 au 10	0,24	4,56	13,2	—12.0	2,40	—2,52	0,30	7,2	—14,4	—1.11	0,3	—2,76	—4,26	—3.51
11 au 20	—1,87	4,60	9,6	—10,8	1,36	—3,00	8,40	12,0	—13,8	2,70	0,1	—1.13	+3,80	+1.34
21 au 28	3,66	8,40	10.8	1.8	6,03	1,72	4,00	6,0	— 2,4	2,86	0.3	—1,94	—4,40	—3.17
9 décades.	—0,82	3,77	12,0	—14.4	1,47	—2,54	1,55	12.0	—14,4	—0,49	0.3	—1,72	—2,22	—1.97

Observations météorologiques au Faulhorn (1858-1859),

par un Menuisier qui a passé l'hiver au Faulhorn.[1]

DATES. MOIS.	JOURS	Soleil levant.	Midi.	DATES. MOIS.	JOURS	Soleil levant.	Midi.	DATES. MOIS.	JOURS.	Soleil levant.	Midi.
1858 Décembre.	9	−5°,0	10°,0	1859.				1859.			
— —	10	−5,0	0,0	Janvier.	10	−21°,0	1°,0	Février.	10	−5°,0	−2°,0
— —	11	−5,0	10,0	—	11	−6,0	6,0	—	11	−5,0	6,0
— —	12	−5,0	7,0	—	12	−5,0	5,0	—	12	−7,0	6,0
— —	13	−5,0	7,0	—	13	−10,0	−2,0	—	13	−7,0	6,0
— —	14	−6,0	9,0	—	14	−15,0	0,0	—	14	−6,0	2,0
— —	15	−7,0	7,0	—	15	−12,0	−2,0	—	15	−10,0	1,0
— —	16	−6,0	9,0	—	16	−6,0	−2,0	—	16	−10,0	7,0
— —	17	−5,0	10,0	—	17	−14,0	−4,0	—	17	−6,0	7,0
— —	18	−5,0	10,0	—	18	−9,0	4,0	—	18	−6,0	−6,0
— —	19	−5,0	7,0	—	19	−9,0	6,0	—	19	−15,0	−11,0
— —	20	−5,0	−1,0	—	20	−11,0	6,0	—	20	−15,0	−2,0
— —	21	−6,0	−2,0	—	21	−7,0	6,0	—	21	−10,0	−1,0
— —	22	−5,0	−2,0	—	22	−7,0	6,0	—	22	−6,0	6,0
— —	23	−6,0	−1,0	—	23	−6,0	2,0	—	23	−10,0	2,0
— —	24	−4,0	4,0	—	24	−6,0	−2,0	—	24	−10,0	2,0
— —	25	−9,0	−1,0	—	25	−1,0	5,0	—	25	−6,0	6,0
— —	26	−9,0	−6,0	—	26	−6,0	0,0	—	26	−6,0	5,0
— —	27	−10,0	−9,0	—	27	−9,0	0,0	—	27	−10,0	−7,0
— —	28	−14,0	−12,0	—	28	−5,0	−6,0	—	28	−14,0	−1,0
— —	29	−12,0	−9,0	—	29	−5,0	−1,0	Mars.	1	−11,0	4,0
— —	30	−14,0	−9,0	—	30	−5,0	4,0	—	2	−9,0	2,0
— —	31	−16,0	−5,0	—	31	−5,0	1,0	—	3	−7,0	2,0
1859 Janvier.	1	−14,0	−6,0	Février.	1	−4,0	−5,0	—	4	−7,0	6,0
— —	2	−11,0	−1,0	—	2	−12,0	−6,0	—	5	−1,0	4,0
— —	3	−11,0	−4,0	—	3	−12,0	−9,0	—	6	−2,0	5,0
— —	4	−6,0	0,0	—	4	−15,0	−6,0	—	7	−4,0	1,0
— —	5	−7,0	0,0	—	5	−12,0	2,0	—	8	−2,0	1,0
— —	6	−6,0	2,0	—	6	−9,0	5,0	—	9	−12,0	2,0
— —	7	−4,0	−4,0	—	7	−9,0	0,0	—	10	−7,0	4,0
— —	8	−19,0	−10,0	—	8	−9,0	−2,0	—	11	−7,0	10,0
— —	9	−21,0	−5,0	—	9	−9,0	−2,0	—	12	−5,0	0,0
DÉCADES.				1859.				1859.			
1858. 9 au 20 décembre		−5,33	7,08	11 au 20 janvier.		−9,70	1,70	11 au 20 février.		−8,70	1,60
— 21 au 31 —		−9,54	−5,00	21 au 31 —		−5,64	1,36	21 au 28 —		−9,00	1,50
1859. 1 au 10 janvier		−12,00	−2,70	1 au 10 février.		−9,60	−2,50	1 au 12 mars.		−6.16	3,42
HIVER. Moyennes.											
Décembre, janvier, février		−8,69	0,38	Maxima 10°,10. — Minima −21°,0							

[1] Le propriétaire de l'auberge du Faulhorn a fait en 1858-1859 des changements majeurs au rez-de-chaussée du bâtiment principal. Un menuisier et son aide y ont passé l'hiver pour opérer ces changements. Ils ont observé la température de l'air le matin à soleil levant et à midi, du 9 décembre 1858 au 12 mars 1859. — Un thermomètre à mercure à planchette (boule encaissée dans le bois et nullement isolée), divisé en degrés Réaumur, était exposé en plein air à l'une des croisées au Sud, recevant les rayons solaires. J'ai vérifié le zéro de ce thermomètre, qui était de 0°,3 trop haut. Les degrés + 10° et − 10 de l'échelle, en tenant compte des 1/10 degrés, étaient concordants avec un thermomètre comparatif. — Ces observations laissent beaucoup à désirer; cependant elles prouvent qu'en hiver le soleil en hautes régions échauffe l'air et le sol découvert à plusieurs degrés au-dessus de zéro. — Les températures du tableau sont des degrés centigrades, avec la correction de 1/10 de degrés.

Observations météorologiques au Faulhorn (1858-1859),

par un Menuisier qui a passé l'hiver au Faulhorn.

DATES. MOIS.	JOURS.	Moyennes	DATES. MOIS.	JOURS.	Moyennes	DATES. MOIS.	JOURS.	Moyennes
1858 Décembre.	9	2°,5	1859.			1859.		
— —	10	—2,5	Janvier.	10	—10°,0	Février.	10	—3°,5
— —	11	2,5	—	11	0,0	—	11	0,5
— —	12	1,0	—	12	0,0	—	12	—0,5
— —	13	1,0	—	13	—6,0	—	13	—0,5
— —	14	1,5	—	14	—7,5	—	14	—2,0
— —	15	0,0	—	15	—7,0	—	15	—4,5
— —	16	1,5	—	16	—4,0	—	16	—1,5
— —	17	2,5	—	17	—9,0	—	17	0,5
— —	18	2,5	—	18	—2,5	—	18	—6,0
— —	19	1,0	—	19	—1,5	—	19	—13,0
— —	20	—3,0	—	20	—2,5	—	20	—8,5
— —	21	—4,0	—	21	—0,5	—	21	—5,5
— —	22	—3,5	—	22	—0,5	—	22	0,0
— —	23	—3,5	—	23	—2,0	—	23	—4,0
— —	24	0,0	—	24	—4,0	—	24	—4,0
— —	25	—6,5	—	25	2,0	—	25	0,0
— —	26	—7,5	—	26	—3,0	—	26	—0,5
— —	27	—9,5	—	27	—4,5	—	27	—8,5
— —	28	—13,0	—	28	—5,5	—	28	—7,5
— —	29	—10,5	—	29	—3,0			
— —	30	—11,5	—	30	—0,5	Mars.	1	—3,5
— —	31	—10,5	—	31	—2,0	—	2	—3,5
						—	3	—2,5
1859 Janvier.	1	—10,0	Février.	1	—4,5	—	4	—0,5
— —	2	—6,0	—	2	—9,0	—	5	1,5
— —	3	—7,5	—	3	—10,5	—	6	1,5
— —	4	—3,0	—	4	—10,5	—	7	—1,5
— —	5	—3,5	—	5	—5,0	—	8	—0,5
— —	6	—2,0	—	6	—2,0	—	9	—5,0
— —	7	—4,0	—	7	—4,5	—	10	—1,5
— —	8	—14,5	—	8	—5,5	—	11	1,5
— —	9	—13,0	—	9	—5,5	—	12	—2,5

DÉCADES.		1859.		1859.	
1858.	9 au 20 décembre. 0,87	11 au 20 janvier.	—4,00	11 au 20 février.	—3,55
—	21 au 31 — —7,27	21 au 31 —	—2,14	21 au 28 —	—3,75
1859.	1 au 10 janvier. —7,35	1 au 10 février.	—6,05	1 au 12 mars.	—1,37

HIVER.

Moyennes.

Décembre, janvier, février. —4,15

Observations météorologiques au Faulhorn (Mars 1868).

Par Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.	Jours.	Heures.	TEMPÉRATURES. Soleil.	Ombre		Point de rosée.	Humidité relative	VENTS. Direct.	Force.	ÉTAT DU CIEL.	E
				Boule sèche.	Boule mouill.						E
Signal	12	3 s.	0°,5	−1°,6	−2°,2	−3°,0	90	SO	1	0,3 zénith clair.	
2680m			1m en aval du Signal, pente au Sud, terre non gazonnée.								
			0m,03 profondeur . . . . . 10°5								
Terrasse	12	6 s.		−5,5	−8,5	−15,1	45	NE	1	0,3 zénith clair.	
2670m			Nevé exposé plein air dans une boîte . . . . . −8°,5								
»	13	6 m.		−6,0	−8,1	−13,7	53	NE	2	0,7 zénith voilé.	
			Minima abrité de nuit. . . . . −6°,5								
			Nevé exposé plein air . . . . . −9,8								
»	13	8 m.		4,8				NE	1	0,7 zénith voilé.	
			Nevé exposé . . . . . 7°,2								
»	13	9 m.		−4,0	−5,4	−6,8	80	NE	1	0,7 sans rayons sol.	
»	13	11 m.		−2,0	−3,0	−4,2	84	SO	1	0,4 soleil par mom.	
»	13	Midi		−1,0	−2,8	−5,2	72	V	1	0,2 soleil.	13
Signal	13	Midi	0,0	−1,0	−2,8	−5,2	72	V	1	0,2 soleil.	
			1m en aval du signal, pente Nord, terre non gazonnée.								
			0m,03 profondeur. . . . . 3°,0								
			0,05 — fortement gelé.								
			Terre relevée formant un petit cône.								
			0m,03 profondeur. . . . . 6°,8								
			0,10 — pas gelé 0,1								
Terrasse	13	1 s.	0,3	−1,5	−3,7	−7,0	65	NE	1	0,2 soleil.	11,
			Sol non gazonné.								
			0m,03 profondeur . . . . . 4°,0								
»	13	1,30	0,0	−2,0	−4,0	−6,9	68	NE	1	0,3 soleil.	11,
»	13	3 s.	−2,7	−2,7					0	0,5 soleil voilé.	8,
Signal	13	3 s.	−3,0	−3,0					0	0,5 soleil voilé.	7,
			Sensation de bien-être sans vêtements supplémentaires.								
Terrasse	13	5 s.		−4,9					0	0,3 zénith clair.	−0,
			Nevé dans la caisse. . . . . −3°,8								
			Les rayons solaires n'arrivent plus à la Terrasse depuis 4 h. 25 m. — L'eau dans le verre est à −0°,5 non gelée; en l'agitant avec un spatule elle cristallise et est à zéro.								
Signal	13	6 s.		−6,0	−7,4	−8,9	78		0	0,1 zénith clair.	gla
			Nevé dans la caisse. . . . . −9°,0								

Je monte au Signal. Calme plat; zénith et horizon découverts; clair de lune; chaîne des Alpe dide; lac de Brienz bleu foncé; lac de Thun blanc d'argent mat; le lointain dans la plaine voil

Par −6°,0, sans vêtements supplémentaires, je fais les lectures d'observations. Fort à mon contemple longtemps ce panorama magique, que je n'ai jamais vu aussi beau en été. — Par ca et horizon dégagé, les Alpes en hiver sont indescriptibles. J'ai appelé les guides qui, eux aussi, en admiration et disaient : « C'est en hiver qu'il faut monter au Faulhorn. »

Observations météorologiques à Grindelwald (Mars 1862).

Par M. le pasteur M. Gerwer.[1]

LOCALITÉS.	Jours.	Heures.	TEMPÉRATURES. Soleil.	Ombre. Boule sèche.	Ombre. Boule mouill.	Point de rosée.	Humidité relative	VENTS. Direct.	VENTS. Force.	ÉTAT DU CIEL.	TEMPÉRATURES. Eau.	TEMPÉRATURES. Sable.
Grindelwald 1074m.	12	3 s.	13°,0 (+12,5)	10°,8 (12,4)	6°,6	1°,2 (+1,2)	51 (−39)	SO_0	1	0,3 soleil.	20°,0	22°,0
–	12	6 s.		6,0 +(11,5)	4,0	1,2 (+16,3)	71 (+26)		0	0,3 zénith clair.	6,0	5,0
–	13	9 m.		4,7 (+8,7)	3,3	1,3 (+8,1)	79 (−1)			0,7 sans rayons sol.	8,0	11,0
–	13	Midi.	13,0 (+13)	11,0 (+12,0)	5,6	−2,2 (+3,0)	39 (−33)	SO	2	0,2 soleil.	20,0 (+6,8)	25,5 (+5,7)
–	13	3 s.	11,0 (+13,7)	10,2 (+12,0)	5,6	−0,8	46	SO	1	0,2 soleil.	15,2 (+6,5)	17,6 (+6,1)
–	13	6 s.		6,5 (+12,5)	2,7	−3,4 (+5,5)	49 (−29)		0	0,0 clair.	6,2 (+6,2)	4,0 (+10,0)

[1] M. le pasteur de Grindelwald a eu la bonté de faire des observations tri-horaires correspondantes à celles du Faulhorn. — Je lui ai remis des thermomètres rigoureusement gradués. Les observations méritent toute confiance.

Je place entre parenthèses le chiffre des différences des observations du Grindelwald comparées à celles du Faulhorn.

Observations météorologiques au Faulhorn (Mars 1866).

Par Dollfus-Ausset.

LOCALITÉS.	Jours.	Heures.	TEMPÉRATURES. Soleil.	Ombre. Boule sèche.	Ombre. Boule mouill.	Point de rosée	Humidité relative	VENTS. Direct.	VENTS. Force.	ÉTAT DU CIEL.	TEMPÉRATURES. Eau.	TEMPÉRATURES. Sable.
Terrasse	14	6 m.		6°,0	−7°,2	−9°,3	76		0	0,0 splendide.	gelée	−6.0
			Minima abrité de nuit							−6°,1		
			Nevé dans la boîte							−11,3		
»	14	7 m.		−2°,2					0	0,0 soleil.		
»	14	8 m.		−2,0				NE	1	0,0 soleil.		3.8
			Nevé dans boîte à l'ombre							−5°,0		
»	14	9 m.	0,8	−0,5	−3,3	−7,4	58		0	0,0 soleil.	8.8	15.5
			Baromètre de la *Société météorologique helvétique* réduit à zéro							539mm,76		
»	14	Midi.	0,0	−0,5	−2,5	−5,1	70		0	0,0 soleil voilé.	18,9	24.6
			Baromètre à zéro							539mm,98		
»	14	1 s.	0,0	−0.5					0	0,0 soleil.	15,0	23.0
»	14	2 s.	0,5	−0.5				SO	1	0,1 soleil.	14,1	23,0
»	14	4 s.	−2,0	−3,5					0	0,0 soleil.	7.0	16.0
»	14	6 s.		−5,5					0	0.3	. . .	. . .
			Baromètre à zéro							539mm,50		
Terrasse	15	6 m.		−3,5	−6,5	−12,6	47		0	0,0		
			Minima abrité de nuit							−5,2		
			Nevé dans boîte.							−9,8		
			Panorama magique au Sommet. Me trouvant, en plein soleil, au sommet Signal un peu après 6 h. matin, par calme plat, je vois toute la plaine couverte d'une mer de nuages, juste à la hauteur où la neige a encore persisté. Le point culminant du Rigi et du Pilate sortent leurs têtes de cette mer. Toute la plaine a l'aspect d'un immense glacier. La chaîne des Alpes et les vallées du Grindelwald sont d'une clarté hors ligne.									
»	15	9 m.	0,0	−0,5	−3.5	−8.0	55	NE	1	0.0 soleil voilé.		
			Baromètre à zéro.							540mm,50		

Monter au Faulhorn en mars dans des circonstances atmosphériques convenables n'est certes pas une ascension périlleuse ni fatigante; aucune avalanche n'est à craindre et la neige couvre le sol, et non des crevasses.

Du 11 au 15 mars, le temps était beau, beau hors ligne, et si parfois le calme était interrompu, ce n'était jamais que par un vent très-faible. — Si des chutes de neiges par tourmente et *gougx* (vents féroces soufflant dans toutes les directions) étaient survenues (et souvent ils persistent plusieurs jours), alors toute locomotion eut été interdite, et dans de telles circonstances très-aggravantes notre séjour au Faulhorn eut été prolongé sans résultats satisfaisants. Les vivres dont nous disposions eussent été plus qu'insuffisants. — Je laisse à penser la vie qu'eussent mené les neuf personnes de l'expédition.

Observations météorologiques à Grindelwald (Mars 1868).

Par M. le pasteur **E. Gerwer.**

LOCALITÉS.	Jours.	Heures.	TEMPÉRATURES. Soleil.	Ombre. Boule sèche.	Ombre. Boule mouill.	Point de rosée	Humidité relative	VENTS. Direct.	VENTS. Force.	ÉTAT DU CIEL.	TEMPÉRATURES. Eau.	TEMPÉRATURES. Sable.
Grindelwald.	14	9 m.		3°,9 (+4,4)	1°,2	−3°,3 (+4,1)	59 (+1)		0	0,0 soleil voilé.	1°,7 (-7,1)	2°,7 (-12,8)
»	14	Midi	13°,9	11,4 (+11,9)	5,8	−2,2 (+2,9)	38 (−32)	SO	1	0,0 soleil.	20,7 (+1,8)	25,9 (+1,3)
»	14	3 s.	11,4	11,4	4,9	−5°,4	30	SO	1	0,0 soleil voilé.	13,9	15,2
»	14	6 s.		6,0 (+11,5)	2,9	−1,6	58		0	0,2 soleil.	6,0	5,6
»	15	9 m.		3,8 (+4,3)	2,0	−0,7 (+7,3)	72j (+17)					

Pendant tout le séjour la température du local que j'occupais vacillait entre 4°,0 et 2°,0, et je me trouvais fort à l'aise pour rédiger mes notes. En sortant je n'avais pas besoin de vêtements supplémentaires par −6°,0. Un soir, à 9 heures, je me suis rendu au point culminant Signal, muni d'une chandelle de suif, et plaçant le chandelier sur le banc, la flamme a brûlé droite, sans aucune vacillation, par un de ces calmes plats qui ne sont pas rares en hautes régions.

Je trouve dans mes notes de hautes régions des citations nombreuses où par calme plat et des froids intenses, sans vêtements supplémentaires, j'éprouvais un bien-être qui ne se serait pas manifesté en plaine.

TABLE DES MATIÈRES.

TOME V. — Ire PARTIE.

De SAUSSURE (PARAGRAPHES S).

S. Glaciers en activité dans les Alpes.

Pages 1 à 57.

§. I. Glaciers en général, 1 à 24.

Distinction entre glacier et glacière. — Auteurs qui ont écrit sur les glaciers. — Ouvrages de **Gruner.** — Recherches plus nouvelles. — 1760 à 1764. — Vue générale des Alpes. — Division des glaciers. — Glaciers de la première classe. — Ils occupent ordinairement des vallées transversales. — Épaisseur de la glace. — Crevasses des glaciers. — Formes accidentelles des glaçons. — Plaines de glace. — Leur surface n'est pas glissante. — Leur substance est poreuse. — Cette glace est le produit de la congélation d'une neige imbibée d'eau. — Origine des glaciers. — Autre hypothèse sur la formation des glaciers. — Réfutation de cette hypothèse. — Ravines. — Glaciers du second genre. — Leur glace est communément plus poreuse. — Les cimes isolées ne sont couvertes que de neige? — Causes qui limitent l'accroissement des glaciers. — Les chaleurs de l'été. — L'évaporation. — La chaleur souterraine. — Cette chaleur produit même en hiver des courants d'eau sous les glaces? — Cette même chaleur amincit les couches inférieures des neiges. — Le poids des glaces les entraîne dans les basses vallées? — Seracs ou rectangles de glace. — Voûte de neige. — Torrents temporaires. — Catastrophe. — Torrents de boue. — État de la neige sur la cime du Mont-Blanc. — Épaisseur de la neige en hautes régions. — Neige du Dôme-du-Gouté. — Stratification des neiges. — Températures des neiges. — Séracs. — Belles pyramides de glace. — Plateau du glacier. — Origine du glacier des Buissons. — Sommet du Buët.

§. II. Glaciers de l'Aar, 25 à 29.

Vallées de l'Aar. — Pied du glacier. — Beaux rocs de granit polis. — Pente terminale du glacier. — Nature des pierres éparses sur le glacier. — Byssolite. — Grottes d'où on a tiré de grandes masses de cristal. — Eau-de-vie de gentiane. — Si le glacier est d'origine nouvelle. — Granits arrondis dans le bas, aigus dans le haut.

§. III. Limites des neiges, 30 à 34.

Hauteur à laquelle cesse la fonte de la neige. — Observations générales sur ces limites. — Vraie hauteur de la ligne des neiges à l'entrée des zones tempérées. — Sa hauteur en France. — Sa hauteur sur l'Etna. — Distinction à faire par rapport aux Alpes. — Limite inférieure des neiges sur les montagnes très-élevées. — Celles de la Suisse descendent encore plus bas.

§. IV. Moraines, 34 à 38.

Amas de pierres déposées sur les bords des glaciers. — Bancs de pierres et de sables au milieu des glaciers. — Ce sont des débris que les glaces entraînent vers le milieu des vallées. — Ils pourraient servir à connaître l'âge des glaces. — Fond horizontal de la vallée de Chamounix. — Le glacier vu de plus près. — Moraines. — Pentes de neige.

§. V. Mouvement progressif des glaciers, 39 à 52.

Arveyron. — Voûte de glace. — Il est dangereux d'y entrer. — Comment cette voûte se forme. — Le glacier paraît avoir reculé (diminué). — Anciennes limites des glaciers. — On peut vérifier ici plusieurs points de la théorie des glaciers. — Mouvement des glaciers constaté par des alignements. — Réflexions géologiques. — Sable aurifère. — Château du Montanvert. — Commencement des granites en masse. — Route sur le glacier. — Moraines. — Le plan du glacier. — Avalanche de neige. — Terres et pierres chassées par le glacier. — Avalanches de pierres. — Équilibre entre les forces génératrices et les forces destructrices. — Les habitants des Alpes croient que les glaces s'augmentent. — Formation de nouveaux glaciers. — Extension des anciens glaciers. — Périodes d'accroissement et de décroissement. — Terrains rendus stériles par les glaciers. — Considérations ultérieures sur l'accroissement des glaciers. — Observations qui prouvent leur augmentation dans certaines places. — Observations qui prouvent leur diminution dans d'autres localités. — La question demeure indécise. — Un glacier qui a diminué. — Un autre glacier qui augmente. — Phénomènes produits par la descente des glaces. — Crevasses. — Chutes de glace. — Glacier du Rhône. — Le glacier du Rhône a rétrogradé (diminué).

§. VI. Neige rouge, 53 à 60.

Terre rouge (neige rouge). — Neige rouge. — Neiges des grandes hauteurs exempte de poussière rouge.

§. VII. Insectes, 56 à 57.

De CHARPENTIER (PARAGRAPHES C).

C. Glaciers en activité dans les Alpes.

Pages 59 à 94.

C. I. Glaciers, 61 à 69.

Neiges. — Nevés. — Haut-Nevés. — Bas-Nevés. — Changement de nevés en glaciers. Inégalité de l'absorption de l'eau. — Congélation de l'eau absorbée. — Structure de la glace. — Accroissement des glaciers. — Conservation des glaciers. — Expansion des glaciers. — Changement de volume des glaciers. — Cause des fluctuations des glaciers. — Les glaciers ne se meuvent pas par leur propre poids. — Chutes de glace. — Puissance de la force expansive de la glace. — Usure des surfaces qui se trouvent en contact avec le glacier.

C. II. Moraines, 70 à 77.

Moraines latérales. — Moraines frontales. — Bandes. — Moraines superficielles. — Formes des moraines. — Fond du glacier. — Moraines profondes. — Moraines superficielles. — Mode de formation des moraines superficielles. — Piédestal de moraines superficielles. — Moraines. — Éboulements. — Tables de glaciers. — Alluvium glaciaire. — Diluvium glaciaire. — Causes pour lesquelles les corps étrangers ensevelis dans la glace reviennent à la surface. — Effets des corps organiques sur la glace.

C. III. Crevasses, 78 à 82.

Crevasses transversales. — Crevasses longitudinales. — Voûte des glaciers. — Aiguilles de glace. — Crevasses remplies d'eau. — Les crevasses ne se remplissent pas de neige.

C. IV. Torrents des glaciers, 82 à 92.

Origine des eaux qui s'échappent des glaciers pendant l'hiver. — Faits qui tendent à prouver que le lit des torrents ne

dégèle pas. — Sillons dans les lits des glaciers. — Karrenfelder (lapis).

C. V. Réponses à des objections, 92 à 94.

AGASSIZ — GUYOT — DESOR
(PARAGRAPHES A).

A. Glaciers en activité dans les Alpes.

Pages 95 à 123.

Divisions des glaciers. — Influence du climat et de la température. — Les glaciers ne profitent pas du froid. — Hygrométrie. — Glacier de l'Aar (Unter-Aar). — Différentes phases des glaciers. — Expériences d'infiltration. — Glace de glacier compacte à de grandes altitudes. — Température au Schreckhorn (pointe Est), 4115m alt., à l'ombre + 2,°5 à + 3° C., maximum au soleil + 7°. — Présence de glace à toutes les hauteurs. — Eau dans la glace de glacier à 3500m alt., flanc méridional du Schreckhorn. — Résumé de la structure des glaciers. — Affluents du glacier de l'Aar. — Glaciers remaniés, régénérés. — Stratification des glaces. — Crevasses. — Du rôle de l'eau dans les glaciers. — Expériences sur la filtration par suintement. Rapport de l'eau infiltrée avec l'état atmosphériqne. — Expériences directes. — Rôles des petits ruisseaux. — Persistance des grands ruisseaux. — Écoulement des eaux à la pente terminale. — Les torrents en hiver. — Origine des filets d'eau qui sortent des glaciers en hiver. — Résumé. — Ablation aux différentes stations. — Influence de la situation des glaciers sur l'ablation. — Influence des corps étrangers sur l'ablation. — Fonte des neiges annuelles. — Résumé. — Température de l'intérieur du glacier. — Le glacier est-il adhérent? — Résumé. — Progression des glaciers. — Envahissements et oscillations des glaciers. — Variations du niveau des glaciers. — Action des glaciers sur leur fond. — Roches moutonnées. — Roches polies et striées. — Galets rayés.

HOGARD (PARAGRAPHES H).

H. Glaciers en activité dans les Alpes.

Pages 125 à 307.

Introduction. — Glaciers en général. — Région des glaciers. — Nevés. — Embryon glaciaire. — L'eau à l'état liquide est l'élément principal de l'alimentation des glaciers. — Mouvement des glaciers. — Fissures. — Crevasses. — Glacier du Faulhorn. — L'eau est l'élément principal et exclusif de l'alimentation des glaciers. — Neiges ou nevés qui couvrent temporairement les glaciers. — Marche des glaciers (progression). — Neiges et nevés. — Neige rouge. — Glace de glaciers. — Fissures capillaires. — Bandes bleues. — Stratification et clivage des glaciers. — Chutes de neige. — Champs de neige. — Neige ventée. — Truèlles. — Fissures et crevasses. — Les nevés ne se convertissent pas en glace pour s'ajouter aux glaciers dans leur partie supérieure. — Glaciers remaniés (régénérés). — Nevés qui couvrent temporairement les glaciers. — Glaciers remaniés. — Eau à la surface des glaciers. — Étoiles ou roses des glaciers. — Baignoires. — Trous méridiens. — Ruisseaux à la surface des glaciers. — Karren, sillons à la surface des glaciers. — Puits ou moulins. — Bandes bleues. — Gletschmulden, Gletscherfelder ou Kufels. — Cours d'eau alimentés par les glaciers. — Torrent de l'Aar à la sortie du glacier. — Mouvement des glaciers. — Les glaciers progressent en longueur, en largeur et en hauteur. — Action des glaciers sur leur fond. — Couche de boue. — Stries. — Action de l'eau. — Lapiaz, Karren. — Marmites. — Boue des glaciers. — Roches et galets polis, striés et rayés. — Action des torrents et des eaux sortant des glaciers. — Cônes de déjection. — Roches qui encadrent les glaciers. — Moraines. — Moraines médianes. — Moraines

latérales. — Moraines frontales (terminales). — Moraines profondes. — Les matériaux répandus à la surface de la glace retardent l'ablation (la fonte) sur les points qu'ils recouvrent. — Moraines médianes. — Tables des glaciers. — Matériaux qui s'enfoncent dans la glace. — La glace de glaciers contient toujours des parcelles de matériaux de roche. — Cônes graveleux. — Cônes de blocs. — Moraines profondes. — Nappes de comblement. — Dépôts alluviens. — Moraines profondes. — Anciens bassins erratiques de la Suisse, etc., les Alpes et le Jura, par **M. Guyot.** — Comblement de la vallée du Rhin. — Comblement du bassin du Pô. — Comblements de Wallenstadt, Zurich, Brientz, Thun, etc. — Conclusions. — Moraines frontales ou terminales. — Nappes et cônes d'éboulement. — Distribution des matériaux erratiques. — Déjections des torrents et matériaux remaniés et transportés par les torrents. — Cônes de déjection. — Transport des matériaux par les glaciers. — Blocs erratiques. — Moraines profondes.

Hypothèses proposées par **de Saussure, de Buch, Dolomieu, de Luc, Venturi, Leyell.** — Formes et dispositions des blocs erratiques. — Groupes ou nappes du terrain erratique. — Époque glaciaire ou erratique. — Êtres organisés dans les terrains de transport. — Cavernes d'ossements. — Dépôts de transport et de comblement erratique. — Résumé des dépôts superficiels. — Neiges. — Nevés. — Glaciers. — Glaciers remaniés. — Action des glaciers sur le sol. — Dépôts erratiques. — Dépôts erratiques, détritiques, alluviens. — Résumé et tableau des dépôts superficiels. — Table et explication des planches (pl. I à XXXV).

DESOR — DOLLFUS-AUSSET
(PARAGRAPHES ED. ET DA.).
ED. - DA. Séjours au glacier inférieur de l'Aar
(Unter-Aar-Gletscher).
Pages 390 à 391.

ED. Hôtel des Neuchâtelois (1840). — Cabane **Hugi** (Bloc Hugi). — Construction de notre gîte. — Gîte des guides. — Hôtel des Neuchâtelois en 1840, à 792m de l'Abschwung. — Fondateurs de l'hôtel des Neuchâtelois (1840). — Hôtel des Neuchâtelois sur le glacier de l'Aar (1841). — Inconvénient du gîte. — Dangers du gîte. — Visiteurs à l'hôtel. — Descente dans un puits du glacier (descente aux enfers). — — Hôtel des Neuchâtelois (1842). — Arche de Noé. — Course à la Strahleck. — Moment critique. — Hôtel des Neuchâtelois (1842). — Bal à l'hôtel des Neuchâtelois. — Inconvénient de la tente. — Vents violents, féroces. — Phénomènes météorologiques, aurore violette. — Ascension à l'Ewig-Schneehorn par **Mm. Kratz.** — Pavillon du glacier de l'Aar (1843). — Décès du guide *Jacob Leuthold.* — Construction du Pavillon de l'Aar (1843). — Visite et installation de collaborateurs. — DA. Spectacle au Pavillon de l'Aar. — Pavillon de l'Aar (1843). — Pavillon de l'Aar 1844). — Personnel. — ED. Bloc **Agassiz.** — Vents impétueux, féroces. — DA. Nous quittons le Pavillon par 60 centimètres de neige fraîchement tombée. — Pavillon de l'Aar, émotions. — Pavillon de l'Aar, hygiène. — Chasse aux chamois (1859). — Hospice du Grimsel (1841). — Passages difficiles. — Pavillon de l'Aar. — **De Charpentier.** — **De Buch.** — Zermatt (1838). — L'Ami Soleil. — ED. Hospice du Grimsel (1842). — Frac universel de *M. Zybach.* — Hospitalité dans les Alpes. — DA. Chute de la Handeck (1840). — Touristes à la Handeck. — Intelligence des chevaux en hautes régions. — Autres faits hippiques. — Autre fait.

Narration du guide en chef Hans Jaun (1841 à 1860).

Ascension à la Jungfrau (août 1841). — Tentative d'ascension au Finster-Aarhorn (août 1842). — Ascension au Finster-Aarhorn (septembre 1842). — Ascension au Galenstock. — Ascension au Rosenhorn. — As-

cension au Wetterhorn (septembre 1844). — Ascension au Mittelhorn (1855). — Ascension au Wetterhorn (1854). — Ascension pittoresque (1855). — Passage de la Strahleck août 1857). — Ascension au Finster-Aarhorn (août 1857). — De Rosenlaui par le col du Lauter-Aar au Grimsel (septembre 1857). — Ascension au Mythen (canton de Schwytz (1843). — Ein Tag auf dem Pavillon des Unter-Aar-Gletschers, par **Auguste Michel**, professeur. — Pavillon de l'Aar (1862). — Hygiène en hautes régions. — Chaussures. — Bas de laine. — Guêtres. — Lunettes et voiles. — Gants. — Parapluie. — Bâton des Alpes. — Cordes et haches. — Échelle. — Habillement. — Nourriture. — Gîte de nuit. — Santé. — Médicaments. — Ammoniaque. — Éther. — Essence de térébenthine. — Créosote. — Teinture d'Arnica. — Nitrate acide de mercure. — Vessie de porc. — Savon calcaire.

BOLLETS-AUBERT (PARAGRAPHES DA. .

DA. Matériaux pour l'étude des glaciers.

Pages 383 à 472.

DA. Moraines, 381 à 419.

Moraines en général. — Moraines en activité. — Moraines erratiques. — Classification des moraines. — Moraines médianes. — Moraines médianes au glacier inférieur de l'Aar. — Moraine médiane du glacier de Viesch. — Bandes. — Moraine en activité éparpillée sur le glacier. — Materiaux éparpillés sur roche. — Nappes de blocs. — Glacier de Zmutt. — Blocs accumulés. — Cônes graveleux. — Tables des glaciers. — Blocs sporadiques. — Moraines latérales. — Moraines riveraines. — Moraines terminales. — Moraines frontales. — Moraines profondes. — Moraines intérieures. — Boue de glacier. — Moraines en activité remaniées par les eaux sur les glaciers. — Materiaux en place sur le sol remanié par les eaux.

DA. Crevasses, 421 à 472.

Circonstances qui produisent les variétés des crevasses. — Accidents du terrain. — Marche. — Localité. — Altitudes. — Ablation. Protection contre l'ablation. — Formation des crevasses. — Influence du fond. Influence de la marche. — Influence des encaissements. — Formation et anéantissement des crevasses a la base du Rothhorn (glacier inférieur de l'Aar). En hiver les crevasses sont couvertes de neiges et de nevés. — Locomotion sur les glaciers. — Tombeaux des glaciers. Indices des crevasses couvertes de neige. Classification des crevasses en 1862. — Crevasses transversales médianes. — Influence par la marche du glacier. — Formation des crevasses transversales médianes. — Crevasses transversales latérales. — Influence de l'encaissement. — Action des rayons solaires. Plasticité de la glace. — Crevasses longitudinales. — Influence du sol. Crevasses arquées. — Crevasses zig-zaguées. — Crevasses chaotiques. — Aiguilles, dentelures des glaciers. — Crevasses sporadiques. Caveaux. — Tombeaux des glaciers. Tombeau du glacier de Viesch. Tombeaux des glaciers sur le Lauter-Aar. — Rimayes-Bergschründe. — Rimayes au printemps dans les pentes couvertes de neiges. — Rimayes dans les neiges ventées des Vosges. — Crevasses riveraines. — Cavernes sous-glaciaires. Cavernes sous-glaciaires du glacier supérieur du Grindelwald. — Ravines des glaciers. — Falaises des glaciers. — Baignoires. — Trous méridiens. Actions des rayons solaires sur la boule du thermomètre plongé dans des matières gelées. Lacs des glaciers. — Petit lac a la base du Rothhorn (glacier inférieur de l'Aar). Lac Mærjelen (glacier d'Aletsch). — Lacs en aval du glacier supérieur du Grindelwald. Lac dans le glacier inférieur de l'Aar, rive droite en aval du Thierberg. Trou d'orgue. — Moulins des glaciers. — Puits des glaciers. Création de M. Agassiz.

— Les puits ne restent pas à la même place. — Cavités intérieures des glaciers. — Cavités observées à la pente terminale du glacier inférieur de l'Aar. — Voûte des glaciers. — Glacier inférieur du Grindelwald. — Glacier supérieur du Grindelwald. — Ruisseaux sur les glaciers.

ALPHONSE FAVRE

(Paragraphes AF.).

AF. Explication de la Carte géologique des parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc.

Pages 473 à 495.

Introduction. — Terrain triasique. — Terrain houiller. — Travaux pour achever la carte (1840 à 1862). — Terrains d'éboulements et d'alluvions. — Alluvions modernes. — Blocs erratiques. — Altitudes des blocs erratiques. — Diluvium, terrain glaciaire. — Molasse d'eau douce. — Macigno alpin. — Grès de Taviglianaz. — Calcaires et schistes calcaires nummulitiques. — Noms des fossiles. — Craie. — Terrain albien, gault ou grès vert. — Noms des fossiles. — Terrain aptien. — Noms des fossiles. — Terrain urgonien ou calcaire à Chamma - Ammonia. — Terrain néocomien. — Fossiles. — Terrain néocomien alpin ou provençal. — Fossiles. — — Terrain jurassique. — Kimméridien. Étage corallien. — Étage oxfordien. — Fossiles. — Terrain du lias et de l'infralias. — Marne ou argile rouge. — Cargneule ou calcaire magnésien celluleux. — Schiste argilo-ferrugineux rouge et vert. — Ardoise noire. — Grès arkose. — Terrain triasique. — Terrain houiller. — Schistes cristallins. — Protogine. — Granites, Porphyres. — Serpentines. — Remarques générales sur le terrain des Alpes.

DA. OBSERVATIONS DIVERSES.

(Paragraphes DA.).

Pages 497 à 516.

Observations par le guide-chef Jaun.

Février 1849. — Avril 1849. — Juin 1849. Septembre 1849. — Janvier 1850. — Février 1850. — Mai 1850. — Septembre 1854. — Février 1855. — Mars 1855. — Poids de la neige tassée de surface à sol (14 mai 1855).

Observations par le guide Melchior Ruesch à l'hospice du Grimsel (1854-1855).

Chutes de neiges au Grimsel, vents et état du ciel, du 15 octobre 1854 au 17 juin 1855.

DA. Chutes de neiges au Grimsel et chutes de neiges au Grand Saint-Bernard, 1854-1855 (Tableaux).

DOLLFUS - AUSSET.

(Paragraphes DA.)

DA. Températures du Sols — Eaux — Neiges — Glaces — Air ambiant — Hygrométrie — Vents — État du ciel.

Pages 517 à 589.

Introduction explicative. — Thun. — Lac d'Œschy. — Kandersteg. — Schwarrenbach. — Dauben-See. — En aval du Dauben-See. — Spitalmatte. — Thun. — Wimmis. — Staldenbach. — Eckhütten. — Niesen. — Engsteln-Alp. — Engsteln - Joch. — Engsteln (vallée haute). — Meyringen. — Im-Hof. — Gesprengte-Fluh. — Guttanen. — Handeck. — Ræderichsboden. — Grimsel. — Aar-Boden. — Grimsel. — Aar-Boden. — Grimsel. — Grimsel - Boden. — Grimsel. — Tableau des températures de l'eau dans les lacs de la Suisse, par **de Saussure**. — Grimsel. — Aar - Boden. — Pente terminale du glacier inférieur de l'Aar. — Aar-Boden. — Rosenlaui. — Scheideck. — Faulhorn. — Grindelwald au Faulhorn. — Lauwinen-Alp. — Bach-Alp. — Bach-See. — Faulhorn. — Glacier du Faulhorn. — Tableau des profondeurs, de l'aspect et des

températures des matières gelées traversées par la tranchée faite au glacier du Faulhorn. — Densité de la neige. — Grindelwald au Faulhorn. — Bach-Alp. — Bach-See. — Faulhorn (glacier). — Pente terminale à l'Est. — Pente terminale à l'Ouest. — Base du Simmelihorn. — Physiologie au Faulhorn. — Végétation du cône du Faulhorn. — Phanérogames du Faulhorn, rapportés du Faulhorn. — Plantes phanérogames du cône terminal de la montagne du Faulhorn, par **Charles Martins.**—Faune du Faulhorn et des environs. — Weissenstein. — Grindelwald. — Grindelwald, glacier inférieur. — Grindelwald, glacier supérieur. — Grindelwald, glacier supérieur (chalet). — Progression du glacier supérieur du Grindelwald du 9 au 15 mars 1862. — Aspect général du glacier. — Galerie dans le glacier supérieur du Grindelwald. — Température dans la galerie. — Du Faulhorn au Grindelwald. — Ascensions par des guides de l'Oberland bernois. — — Ascensions faites par *Peter Bohren*, guide, et gibier tué par lui de 1842 à 1861. — Observations météorologiques à Berne et à Grindelwald (décembre 1861 à février 1862). — Observations météorologiques au Faulhorn par un menuisier qui y a passé l'hiver (9 décembre 1858 au 12 mars 1859). — Observations météorologiques au Faulhorn (mars 1862), par **Dollfus-Ausset.** — Observations météorologiques à Grindelwald (mars 1862), par **M. Gerwer**, pasteur.

AUTEURS PAR LETTRES ALPHABÉTIQUES.

TOME V. — Ire PARTIE.

A

AGASSIZ (L), Nouvelles études et expériences sur les glaciers actuels, leur structure, leur progression et leur action physique sur le sol, 95 à 123.
AGASSIZ (L), 60, 146, 150, 151, 172, 181, 182, 184, 185, 262, 310, 312, 315, 316, 317, 318, 320, 324, 326, 327, 330, 360, 364, 373, 417, 422, 425, 430, 432, 434, 438, 447, 459, 460, 462, 463, 464, 465, 466, 467.
ALTMANN, 379.
ANDRÉ, 474.
ANGEVILLE (Mme d'), 316.
ARCHIAC (de), 474.

B

BACKWELL, 474.
BASSWITZ, 98.
BARRAULT (guide de Bagnerre de Luchon), 429.
BAUCHER, 333.
BAUP, 60.
BEAUMONT (Élie de), 131, 183, 474, 475.
BESSON, 52.
BISCHOFF, 85, 86, 90.
BISELX, 60.
BLANCHET (R., de Lausanne), 387, 474.
BOCK (Henri), 355, 356.
BOHREN (Christian), aubergiste du Grindelwald, 429.
BORDA (de), 31.
BOUGER, 30, 31, 33.
BOURKARDT, 320.
BOURRIT, 4, 474.
BRAVAIS, 135, 136, 337.
BROCHANT, 474.
BROGNIART, 474, 494.
BRUNNER (maître d'hôtel à Rosenlaui), 109, 429.
BRUNNER (fils), 425.
BUCKLAND, 474.
BUCH (de), 261, 263, 348, 480.
BUERSTENBINDER (de Berlin), 429.

C

CANSON, 317.
CHAMOUSSET, 474.
CHARLES X (ex-roi de France), 378.
CHARPENTIER (de), 43, 134, 245, 262, 272, 347, 348, 406, 474.
CHARPENTIER (Jean de), Essais sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône, 59 à 94.
CHARPENTIER (Toussaint de), 77.
CLAUDIEN, 32.
COLOMB (E.), 347, 387, 388, 400, 409, 412, 417, 445, 447.
COULON (H.), 310, 312.
COWAN (M. et Mme), 316.

D

DARCET, 31.
DAUBRÉE, 228.
DAVOUASSON (guide de Chamounix), 429.
DE LUC, 262, 263, 474.
DESOR (E.), et DOLLFUS-AUSSET. Séjour au glacier inférieur de l'Aar, 309 à 391.

DESOR (E.), 57, 84, 98, 105, 106, 112, 115, 118, 122, 145, 172, 182, 184, 262, 360, 363, 373, 425, 436, 443, 446, 447, 454, 487.
DITMAR (de), 178.
DOLLFUS-AUSSET (Annotations), 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 42, 43, 46, 47, 48, 49, 51, 54, 56, 57, 59, 61, 62, 63, 66, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 125, 127, 128, 129, 131, 133, 136, 137, 138, 139, 142, 146, 148, 149, 151, 164, 171, 172, 173, 174, 176, 178, 180, 181, 183, 184, 186, 187, 188, 192, 193, 195, 198, 209, 210, 213, 214, 219, 223, 224, 225, 244, 246, 250, 255, 262, 268, 272, 285, 286, 287, 289, 290, 309, 310, 311, 315, 316, 318, 320, 323, 324, 325, 328, 330, 331, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 342, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 354, 356, 360, 361, 362, 363, 364, 373, 375, 376, 377, 378, 379, 381, 393, 394, 397, 399, 402, 403, 404, 407, 408, 409, 410, 412, 413, 414, 415, 417, 418, 419, 421, 422, 423, 424, 425, 427, 428, 430, 431, 432, 433, 434, 437, 438, 439, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 450, 451, 452, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 465, 466, 469, 470, 473, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 505, 506, etc.
DOLLFUS-AUSSET, 115, 118, 129, 135, 8 184 330 331, 362, 372, etc.
DOLLFUS (Daniel fils), 330, 372.
DOLOMIEU 26, 474.
DORA D'ISTRIA (comtesse), 378.
DUBOIS (Docteur), 320, 321, 322, 323.
DUCRET, 474.
DUFOUR (général), 476.
DUFRESNOY, 475.
DUPASQUIER (Henri), 99.

E

EGERTON, 321, 322.
ENNISKILLEN (Lord), 317.
ESCHER (de la Linth), 60, 100, 105, 106 224, 232, 317, 318, 474, 475.

F

FATIO (de Duillers), 34.
FAVRE (Alphonse), 412.
FAVRE (Alphonse). Explication de la carte géologique des parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisine du Mont-Blanc, 473 à 495.
FEUILLÉE (le P.), 30.
FORBÈS, 360, 436, 474.
FOURNET, 474.
FROEBEL, 91.

G

GASTALDI, 233, 238.
GEOFROI, 57.
GERBER (fils, de Mulhouse), 381.
GERWER (pasteur), 580, 586.
GIMBERNART, 474.
GIRARD, 106, 320.
GODEFROY, 60.
GODET (de Neuchâtel), 326.
GOETHE 59 60, 309.
GRAS (Scipion), 474.
GRUNER (G. S.), 1, 2, 11, 28, 29, 34, 49, 50, 110.
GUYOT, 224, 232, 233, 255, 261, 265, 317, 474, 479.

H

HALLER (de), 41.
HARPE (de la), 474.
HASENFRATZ, 474, 493.
HEBERT, 483.
HEER, 481.
HESS, 320, 321, 322, 323.
HOGARD (Henri). Recherches sur les glaciers et sur les formations erratiques des Alpes de la Suisse, 125 à 307.
HOTTINGER, 1.
HUGI, 5, 105, 311, 323, 378, 380, 406, 434, 438.
HUMBOLDT (de), 96.

I J

JÆCKI (ingénieur du bureau topographique de Berne), 470,
JAUN (Hans), guide, 360.
JAUN (Hans), guide. Observations glaciaires diverses, 497 à 508.
JURINE, 474.

K

KELLER, 172, 432, 454, 455.
KÉRAGLIO (de), 1.
KRATZ (M. et Mme), 316, 327, 328.
KRUEGER (professeur), 110.

L

LADAME, 146.
LARDY, 60.
LAVATER, 355.
LECOQ, 143.
LEYELL, 262.
LORIOL (de), 474, 486.
LORY, 490.
LUC (de), 31, 44.

M

MAQUART (de Dresde), 326.
MARCEL DE SERRES, 276, 281, 282.
MARMANT (photographe), 377.
MARTINS (Mme, de Strasbourg), 316.
MARTINS (Ch.), 131, 135, 136, 137, 233, 238, 317, 337, 364, 445, 474.
MÉRIAN, 1.
MEURON (de Neuchâtel), 429.
MICHEL (Auguste, professeur à Mulhouse). Ein Tag auf dem Pavillon des Unter-Aar-Gletschers, 371 à 381.
MICHELY DU CREST, 34.
MIDDENDORF, 180.
MORLOT (professeur), 474, 477.
MORTILLET, 474.
MUELLER (capitaine), 476.
MURCHISSON, 474.
MURRITH, 54.

N

NECKER, 474, 480.
NICOLET, 57, 310, 312, 320, 353, 354, 355.
NICOLSON, 317.

O

ORLÉANS (duc d'), 378.
OTZ, 140, 184, 382.

P

PARRY, 145.
PELET (général), 476.
PERRAUDIN (J. P.), 43.
PFIFFER (général), 33.
PFUEL (général de), ex-gouverneur de Neuchâtel, 317.
PICTET, 45, 474, 494, 486.
PILLET, 474.
PINGRÉ, 31.
PLAIFAIR, 60.
PLOUQUET, 39.
POURTALÈS (François de), 310, 312.

R

RENDU (chanoine), 60, 96, 474.
RENEVIER, 474, 483.
RIEDSEL (de), 32.
ROBERTSON, 317.
ROSS, 145.
ROUGEMONT (de Lœwenberg), 145.
ROUGEMONT (Alfred de), 317.
ROUGEMONT (Adolphe de), 317.
ROUX, 484.

S

SAUSSURE (Horace-Bénédict de). Glaciers en activité dans les Alpes, 1 à 57.
SAUSSURE (de), 74, 95, 96, 106, 116, 131, 261, 272, 309, 320, 347, 404, 406, 429, 441, 442, 444, 473, 474, 477.
SCHARPE, 474.
SCHEUCHZER, 1, 54.
SCHILLER, 110.
SHUTTLEWORTH, 60, 92, 98, 145.
SIMLER, 1.
SISMONDA, 474, 475.
STEUDNER (Dr), 406.
STORR, 28.
STRABON, 32.
STRECKEISEN, 115.
STUDER (B.), 60, 97, 317, 349, 474, 475, 481.
STUDER (G.), 447, 458.
SULGER (Rudolf. de Bâle), 361, 362.
SUMMER (père et fils, peintres de Thun), 376, 470.

T

THIRRIA. 276.
THOMAS. 60. 89.
THON (du). 60.
TOURNAL. 276, 281.
TREMBLEY. 45.
TREWEYLAND (M. et Mme). 317.
TYNDALL (professeur). 428. 439.

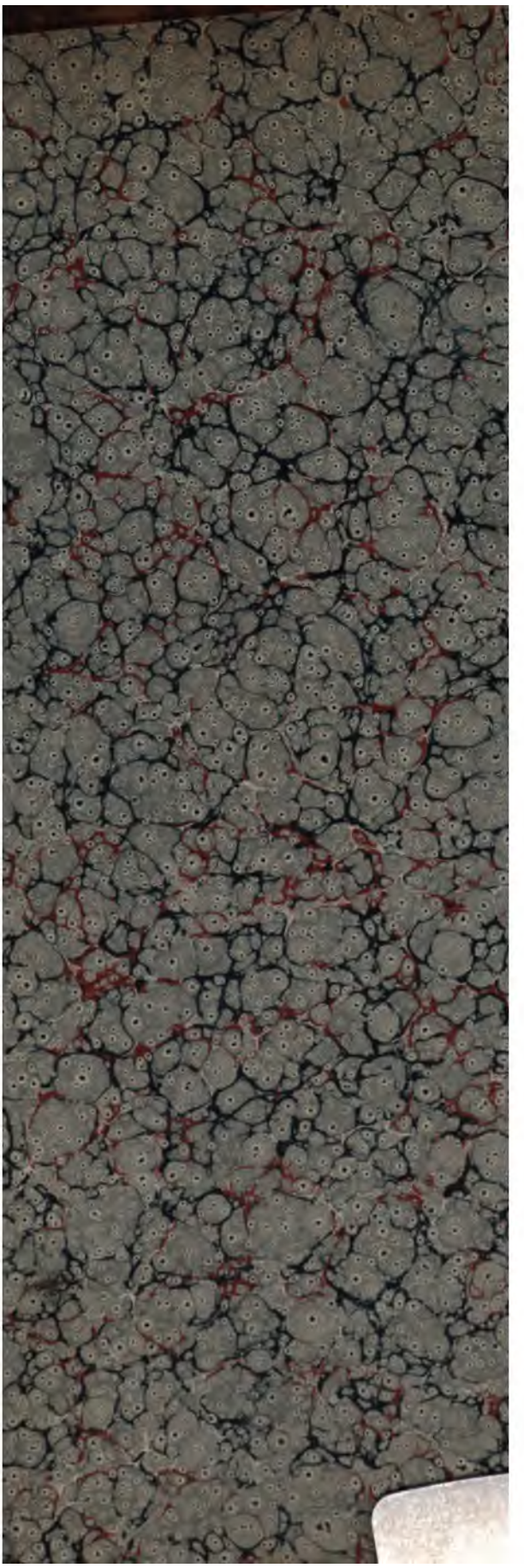
V

VALLET. 474.
VENETZ. 60. 77. 89.
VENTURI. 262.
VERDUN (de). 13.
VOGT. 98. 310. 312, 320. 353.

W

WILD (ingenieur). 320. 331. 405. 459 465.
WILSON. 21.
WURSTER ET Cie (à Winterthur). 477.

Z

ZUMSTEIN. 104.

STRASBOURG. IMPRIMERIE E. SIMON